



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN RUMAH POMPA PLTU PANGKALAN SUSU

ADAM NURUL KAMAL

NRP: 3116 040 504

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN RUMAH POMPA PLTU PANGKALAN SUSU

ADAM NURUL KAMAL

NRP: 3116 040 504

DOSEN PEMBIMBING :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

PROGRAM DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2017



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

APPLIED FINAL PROJECT- RC146599

STRUCTURAL DESIGN AND COSTRUCTION METHOD OF PUMP HOUSE OF PLTU PANGKALAN SUSU

ADAM NURUL KAMAL

NRP: 3116 040 504

SUPERVISOR :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

**DIPLOMA IV EXTENSION OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

APPLIED FINAL PROJECT- RC146599

STRUCTURAL DESIGN AND COSTRUCTION METHOD OF PUMP HOUSE OF PLTU PANGKALAN SUSU

ADAM NURUL KAMAL
NRP: 3116 040 504

SUPERVISOR :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

**DIPLOMA IV EXTENSION OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN RUMAH POMPA PANGKALAN SUSU

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan

Pada

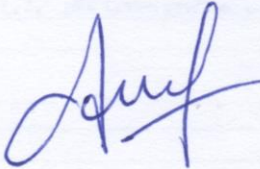
Program Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun Oleh :

MAHASISWA



ADAM NURUL KAMAL

NRP. 3116 040 504

Disetujui oleh :

DOSEN PEMBIMBING

31 JUL 2017



Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

NIP.19600105 198603 1 003

Surabaya, Juli 2017



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 ADAMI NORUL KAMAL 2
NRP : 1 316040504 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN RUMAH POMPA PLTU PANGKALAN SUSU
Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Pudji R.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	08-2-2017	Metode galian tanah dan struktur penahannya hingga kedalaman 14 m.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	21-02-2017	Permodelan struktur dinding penahan tanah sesuai dengan metode galian tanah.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	06-03-2017	Penulangan bore pile.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	05-04-2017	Metode pelaksanaan struktur atas dan desain struktur.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	10-05-2017	Perhitungan penulangan balok pelat.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG
 TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/12/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Rumah Pompa PLTU Pangkalan Susu		
Nama Mahasiswa	Adam Nurul Kamal	NRP	3116040504
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> - Gambar sekaat pile dan bor pile blm ada - Gbr 54-31 kurang besar. → diganti - Gambar? harus disimpulkan - Metode pelaksanaan ditulis lbh rinci 	 Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Tul bor pile disesuaikan dg kebutuhan ✓ - Gambar dilengkap ✓ - Data lampiran terpilih dilampirkan ✓ 	 Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., Ph.D. NIP 19630726 198903 1 003
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	 Prof. Ir. M. Sigit D., M.EngSc., Ph.D. NIP 19630726 198903 1 003	-	-
		NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	-
	NIP -	NIP -

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN RUMAH POMPA PLTU PANGKALAN SUSU

Nama Mahasiswa : Adam Nurul Kamal
NRP : 3116 040 504
Jurusan : Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Pudji Raharjo, MS.

Abstrak

Rumah pompa PLTU pangkalan susu dibangun pada elevasi - 11,35 sampai elevasi +16,35 dari permukaan tanah. Terdiri dari struktur atas dan struktur bawah; struktur atas didesain menggunakan rangka baja, terdiri dari balok, kolom, kuda-kuda dan gording. Struktur bawah didesain menggunakan struktur beton bertulang yang terdiri dari secant pile, bore pile, dan box. Metode pelaksanaan galian tanah didesain menggunakan secant pile sebagai dinding penahan tanah sekaligus dijadikan pondasi dan struktur box pada bangunan. Dalam permodelan struktur galian, tekanan tanah pasif dimodelkan berupa konstanta pegas yang memiliki besaran tertentu sesuai dengan parameter tanah yang ada. Secant pile diperkuat dengan bantuan supported beam dari struktur baja rangka batang. Galian dilakukan secara bertahap dimulai dari permukaan tanah dengan tahap pertama kedalaman galian adalah 2 meter, kemudian 6 meter, 9 meter, 14 meter. Hasil dari desain struktur dan metode pelaksanaan dijelaskan dalam tabel-tabel dan gambar-gambar.

Kata kunci: rumah pompa, galian, konstanta pegas, secant pile, borepile, supported beam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STRUCTURAL DESIGN AND CONSTRUCTION METHOD OF PUMP HOUSE OF PLTU PANGKALAN SUSU

Name of Student : Adam Nurul Kamal
NRP : 3116 040 504
Department : Diploma IV Extension of Civil
Engineering
Department of Civil Infrastructure
Engineering
Faculty of Vocational – ITS
Supervisor : Ir. Ibnu Pudji Raharjo, MS.

Abstract

The pump house of PLTU at Pangkalan Susu, North Sumatera was built at -11,35 to -16,35 from the ground level. The upper structure was designed using steel frame, as column, beam, and truss. The bottom structure is designed using a reinforced concrete structure as a secant pile, bore pile and box. Construction method of soil excavation was designed using secant pile as retaining wall as well as the foundation and box structure of the building. In the modeling of excavation structures, passive soil pressure is modeled as a spring constant that has a certain magnitude in accordance with the existing soil parameters. Secant pile was strengthened with truss as a supported beam from steel. The excavation done step by step from the ground level. First excavation is 2 meter at depth, 6 meters, 9 meters and the last at 14 meters. The result of the structure design and the method will showed in the form of tables and pictures.

Key word: pump house, excavation, spring constant, secant pile, bore pile, supported beam.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir terapan dengan judul **“Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Rumah Pompa PLTU Pangkalan Susu”** sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan pada program Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tua, tak henti-hentinya memberikan doa, semangat dan dukungan kepada penulis
2. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. selaku dosen pembimbing
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tak lepas dari berbagai kesalahan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna untuk kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Struktur Beton Bertulang	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	6
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	7
2.4 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif.....	7
2.5 <i>Secant Pile</i>	9
2.6 Metode Galian Tanah Menggunakan <i>Secant Pile</i>	11
BAB III METODOLOGI	13
3.1 Metode Desain Struktur	13
3.1.1 Pengumpulan Data.....	13
3.1.2 <i>Preliminary Design</i>	13
3.1.3 Permodelan struktur.....	14
3.1.4 Analisa Pembebanan Struktur.....	16
3.1.5 Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Struktur	18
3.1.6 Cek Desain	20
3.1.7 Gambar Desain	20

3.2	Metode Desain Pelaksanaan	20
3.2.1	Pengumpulan Data.....	20
3.2.2	Penentuan Metode Pelaksanaan	21
3.2.3	Analisa metode Pelaksanaan.....	21
3.2.4	Analisa Pembebanan Pelaksanaan	21
3.2.5	Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Pelaksanaan..	22
3.2.6	Cek Desain Pelaksanaan	22
3.2.7	Gambar Desain Pelaksanaan.....	22
3.3	Diagram Alir Desain Struktur	23
3.4	Diagram alir desain pelaksanaan.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN DESAIN STRUKTUR		25
4.1	<i>Preliminary Design</i>	25
4.2	Analisa Pembebanan Struktur	26
4.2.1	Beban Mati	26
4.2.2	Beban hidup.....	28
4.2.3	Beban Peralatam	28
4.2.4	Tekanan Tanah	31
4.2.5	Tekanan Air	34
4.2.6	Beban Angin.....	39
4.2.7	Beban Gempa	41
4.3	Analisa Struktur	43
4.3.1	Desain <i>Upperstructure</i>	43
4.3.2	Desain <i>Substructure</i>	56
4.4	Analisa Pondasi	75
4.4.1	Material Pondasi	75
4.4.2	Konstanta Pegas.....	75
4.4.3	Analisa Daya Dukung Pondasi	78
4.4.4	Hasil Analisa Struktur Pondasi	84
4.4.5	Hasil Perhitungan Reaksi Pondasi	96
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN METODE PELAKSANAAN		97
5.1	Pekerjaan Persiapan	97
5.1.1	Pembuatan Jalan Kerja	97

5.1.2	Pembuatan Lokasi Gudang Material dan Peralatan ..	97
5.1.3	Los Kerja Besi dan Kayu	98
5.1.4	Pekerjaan Pembersihan Lahan	98
5.1.5	Pengukuran dengan Alat.....	98
5.1.6	Pembuatan Direksi Keet	98
5.1.7	Pembuatan Batching Plant.....	99
5.2	Mobilisasi dan Demobilisasi.....	99
5.3	Pekerjaan Bangunan Bawah (<i>substructure</i>)	99
5.3.1	<i>Bore pile</i>	100
5.3.2	<i>Secant Pile</i>	101
5.3.3	Pekerjaan Galian Tanah.....	104
5.4	Analisa Metode Pelaksanaan Galian Tanah	110
5.4.1	Permodelan <i>secant pile</i>	110
5.4.2	Pembebanan <i>secant pile</i>	116
5.4.3	Hasil Analisa <i>secant pile</i>	118
5.5	Pekerjaan Bangunan Atas (<i>upperstructure</i>)	122
BAB VI KESIMPULAN		123
DAFTAR PUSTAKA		125
LAMPIRAN.....		127
BIODATA PENULIS		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram tegangan regangan pada kondisi <i>balance</i> 6
Gambar 2.2	Distribusi tekanan tanah aktif pada tembok dengan tanah yang berkohesi 8
Gambar 2.3	Distribusi tekanan tanah pasif pada dinding dengan tanah yang berkohesi 9
Gambar 2.4	Distribusi tekanan tanah pasif pada dinding dengan tanah yang tidak berkohesi 9
Gambar 2.5	Pemasangan <i>secant pile</i> 10
Gambar 2.6	Tampak depan <i>secant pile</i> 10
Gambar 2.7	Galian tanah menggunakan <i>secant pile</i> 11
Gambar 2.8	Galian tanah menggunakan <i>secant pile</i> dengan perkuatan <i>supported beam</i> 12
Gambar 3.1	Permodelan struktur rumah pompa 15
Gambar 3.2	3D permodelan struktur rumah pompa 15
Gambar 3.3	Diagram alir desain struktur 23
Gambar 3.4	Diagram alir desain struktur 24
Gambar 4.1	<i>Input</i> beban dinding 26
Gambar 4.2	<i>Input</i> beban atap 27
Gambar 4.3	<i>Input</i> beban plafon 27
Gambar 4.4	<i>Input</i> beban <i>crane</i> 15ton (<i>crane</i> di pinggir) 28
Gambar 4.5	<i>Input</i> beban <i>crane</i> 15ton (<i>crane</i> di ditengah) 29
Gambar 4.6	<i>Input</i> beban <i>crane</i> 32,5ton (<i>crane</i> di pinggir) 29
Gambar 4.7	<i>Input</i> beban <i>crane</i> 32,5ton (<i>crane</i> di tengah) 30
Gambar 4.8	<i>Input</i> beban <i>trashrack</i> 30
Gambar 4.9	<i>Input</i> beban pompa 31
Gambar 4.10	Tekanan tanah aktif dan pasif 32
Gambar 4.11	Kontur <i>input</i> beban tekanan tanah aktif 33
Gambar 4.12	<i>Input</i> beban tekanan tanah aktif 33
Gambar 4.13	Kontur <i>input</i> beban tekanan uplift tampak atas (dalam satuan T,m) 35
Gambar 4.14	<i>Input</i> tekanan <i>uplift</i> 36
Gambar 4.15	Kontur <i>input</i> beban tekanan hidrostatik 36
Gambar 4.16	<i>Input</i> beban tekanan hidrostatik 37

Gambar 4.17	Kontur input beban tekanan hidrodinamis.....	38
Gambar 4.18	<i>Input</i> beban tekanan hidrodinamis	39
Gambar 4.19	<i>Input</i> beban angina arah X	40
Gambar 4.20	<i>Input</i> beban angina arah Y	40
Gambar 4.21	Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.	42
Gambar 4.22	Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	42
Gambar 4.23	Respons spektrum beban gempa	43
Gambar 4.24	Denah atap elv. +14.75 sampai +16.35	44
Gambar 4.25	Denah atap elv. +6.45 sampai +8.75	44
Gambar 4.26	Denah balok elv. +11.75	44
Gambar 4.27	Denah balok elv. +8.75	45
Gambar 4.28	Denah balok elv. +4.75	45
Gambar 4.29	Denah kolom elv. +6.45 sampai +14.75.....	45
Gambar 4.30	Denah kolom elv. +0.75 sampai +6.45.....	45
Gambar 4.31	Permodelan <i>upperstructure</i>	46
Gambar 4.32	3D permodelan <i>upperstructure</i>	46
Gambar 4.33	<i>Stress ratio</i> gording.....	47
Gambar 4.34	Analisa gording	47
Gambar 4.35	<i>Stress ratio</i> kuda-kuda	48
Gambar 4.36	Analisa kuda-kuda	48
Gambar 4.37	<i>Stress ratio</i> balok baja.....	49
Gambar 4.38	Analisa balok Wf1	49
Gambar 4.39	Analisa balok Wf2	50
Gambar 4.40	Analisa balok <i>crane</i>	50
Gambar 4.41	<i>Stress ratio</i> kolom baja	51
Gambar 4.42	Analisa kolom Hb1	51
Gambar 4.43	Analisa kolom Hb2	52
Gambar 4.44	Reaksi yang terjadi antar kuda-kuda	53
Gambar 4.45	Reaksi yang terjadi antara kuda-kuda dengan kolom	55
Gambar 4.46	Denah balok elv. +0.75	57

Gambar 4.47	Denah kolom elv. -1.25 sampai +0.75.....	64
Gambar 4.48	Denah lantai dasar elv. -11.35.....	66
Gambar 4.49	Denah lantai dasar elv. -3.75.....	67
Gambar 4.50	Denah pelat lantai elv. +0.75.....	67
Gambar 4.51	Hasil <i>output</i> SAP2000 pelat lantai dasar S1 (dalam satuan mm ² /mm)	68
Gambar 4.52	Hasil <i>output</i> SAP2000 pelat lantai S2, S3, dan S4 (dalam satuan mm ² /mm)	70
Gambar 4.53	Denah dinding.....	72
Gambar 4.54	Hasil <i>output</i> SAP2000 pelat dinding (dalam satuan mm ² /mm)	73
Gambar 4.55	Denah pilecap elv. -1.25	93
Gambar 4.56	Hasil <i>output</i> SAP2000 pelat dinding (dalam satuan mm ² /mm)	94
Gambar 5.1	<i>Drilling rig crane</i>	101
Gambar 5.2	Ilustrasi <i>guide wall</i>	101
Gambar 5.3	Ilustrasi pekerjaan <i>bore pile</i> primer (1)	102
Gambar 5.4	Ilustrasi pekerjaan <i>bore pile</i> primer (2)	102
Gambar 5.5	Ilustrasi pekerjaan <i>bore pile</i> sekunder.....	103
Gambar 5.6	Ilustrasi pekerjaan <i>secant pile</i>	103
Gambar 5.7	Pembagian zona galian tanah	104
Gambar 5.8	Ilustrasi galian tanah elv. ± 0.00 hingga -2.00.	104
Gambar 5.9	Pemasangan <i>supported beam</i> elv. ± 0.00 hingga - 1.50	105
Gambar 5.10	Denah <i>supported beam</i> elv. ± 0.00 hingga -1.50	105
Gambar 5.11	Ilustrasi galian tanah elv -2.00 hingga -6.00 ...	106
Gambar 5.12	Pemasangan <i>supported beam</i> elv. -4.00 hingga - 5.50	106
Gambar 5.13	Denah <i>supported beam</i> elv. -4.00 hingga -5.50	107
Gambar 5.14	Ilustrasi galian tanah elv -6.00 hingga -9.00 ...	107
Gambar 5.15	Pemasangan <i>supported beam</i> elv. -7.00 hingga - 8.50	108

Gambar 5.16	Pemasangan <i>supported beam</i> elv. -7.00 hingga -8.50	108
Gambar 5.17	Ilustrasi galian tanah elv -9.00 hingga -14.00..	109
Gambar 5.18	Penggunaan <i>suporrted beam</i> pada galian elv. -14.00	109
Gambar 5.19	Permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -2.00	110
Gambar 5.20	3D permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -2.00	111
Gambar 5.21	Potongan permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -2.00	111
Gambar 5.22	Permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -6.00	112
Gambar 5.23	3D permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -6.00	112
Gambar 5.24	Potongan permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -6.00	113
Gambar 5.25	Permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -9.00	113
Gambar 5.26	3D permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -9.00	114
Gambar 5.27	Potongan permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -9.00	114
Gambar 5.28	Permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -14.00	115
Gambar 5.29	3D permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -14.00	115
Gambar 5.30	Potongan permodelan <i>secant pile</i> pada galian elv. -14.00	116
Gambar 5.31	Kontur <i>input</i> beban tekanan tanah aktif.....	117
Gambar 5.31	<i>Input</i> beban tekanan tanah aktif.....	117
Gambar 5.31	Defleksi pada galian elv. -2.00	119
Gambar 5.20	Defleksi pada galian elv. -6.00	119
Gambar 5.20	Defleksi pada galian elv. -9.00	120
Gambar 5.20	Defleksi pada galian elv. -14.00	121

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang.....	18
Tabel 3.2	perkiraan qd untuk tiang dicor ditempat.....	19
Tabel 4.1	Konstanta pegas pada <i>secant pile</i>	34
Tabel 4.2	<i>Input</i> SAP tekanan <i>Uplift</i>	35
Tabel 4.3	<i>Input</i> SAP tekanan hidrostatik	36
Tabel 4.4	Tekanan Hidrodinamis	38
Tabel 4.5	Penentuan Kelas Situs	41
Tabel 4.6	Daftar Balok.....	56
Tabel 4.7	Perhitungan Tulangan Balok 900 x 1500	58
Tabel 4.8	Perhitungan Tulangan Balok 500 x 800	59
Tabel 4.9	Perhitungan Tulangan Balok 800 x 1200	60
Tabel 4.10	Perhitungan Tulangan Balok 500 x 700	61
Tabel 4.11	Perhitungan Tulangan Balok 400 x 600	62
Tabel 4.12	Perhitungan Tulangan Capping Beam	63
Tabel 4.13	Daftar dinding	64
Tabel 4.14	Perhitungan tulangan kolom K1	65
Tabel 4.15	Daftar pelat	66
Tabel 4.16	Perhitungan tulangan pelat lantai dasar S1	69
Tabel 4.17	Perhitungan tulangan pelat lantai S2, S3, dan S4 ...	71
Tabel 4.18	Daftar dinding	72
Tabel 4.19	Perhitungan tulangan pelat lantai S2, S3, dan S4 ..	74
Tabel 4.20	Kontanta pegas Ø800mm	75
Tabel 4.21	Kontanta pegas Ø800mm (lanjutan).....	76
Tabel 4.22	Kontanta pegas Ø1200mm.....	76
Tabel 4.23	Kontanta pegas Ø1200mm (lanjutan).....	77
Tabel 4.24	Perhitungan daya dukung vertikal <i>bore pile</i> Ø800mm	79
Tabel 4.25	Daya dukung vertikal ijin <i>bore pile</i> Ø800mm	80
Tabel 4.26	Perhitungan daya dukung vertikal <i>bore pile</i> dan <i>secant pile</i> Ø1200mm	82
Tabel 4.27	Daya dukung vertikal ijin <i>bore pile</i> dan <i>secant pile</i> Ø1200mm	83
Tabel 4.28	Perhitungan tulangan <i>bore pile</i> Ø800 (Elv -1.00 s/d -5.00).....	84

Tabel 4.29	Perhitungan tulangan <i>bore pile</i> Ø800 (Elv -5.00 s/d -40.00).....	85
Tabel 4.30	Perhitungan tulangan <i>bore pile</i> Ø1200 (elv -11.00 s/d -15.00)	86
Tabel 4.31	Perhitungan tulangan <i>bore pile</i> Ø1200 (Elv -15.00 s/d -45.00)	87
Tabel 4.32	Perhitungan tulangan <i>secant pile</i> BP primer Ø1200 (Elv ±0.00 s/d -8.00)	88
Tabel 4.33	Perhitungan tulangan <i>secant pile</i> BP primer Ø1200 (Elv -8.00 s/d -12.00)	89
Tabel 4.34	Perhitungan tulangan <i>secant pile</i> BP primer Ø1200 (Elv -12.00 s/d -16.00)	90
Tabel 4.35	Perhitungan tulangan <i>secant pile</i> BP primer Ø1200 (Elv -16.00 s/d -20.00)	91
Tabel 4.36	Perhitungan Tulangan <i>Secant pile</i> BP Primer Ø1200 (Elv -20.00 s/d -20.00)	92
Tabel 4.37	Perhitungan tulangan pilecap P1 dan P2	95
Tabel 4.37	Hasil perhitungan reaksi pondasi.....	96
Tabel 4.1	Konstanta spring pada <i>secant pile</i>	118

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan Rumah Pompa yang terdiri dari 5 buah pompa difungsikan untuk memompa air laut yang digunakan sebagai bahan utama yang diolah hingga menjadi uap sekaligus untuk pendingin. Rumah Pompa yang terletak di daerah Pangkalan Susu, Sumatera Utara didesain terdiri dari struktur beton bertulang dan rangka atap dari baja. Luas bangunan Rumah Pompa adalah $29 \times 34 \text{ m}^2$. Berdasar SNI 1726-2012 gempa didesain dengan periode ulang 2500 tahun.

Dengan kondisi tanah yang lunak dan sebagian strukturnya berada di bawah permukaan tanah, sehingga dibutuhkan desain struktur dan metode pelaksanaan yang tepat, terlebih untuk pekerjaan galian tanah dengan kondisi lahan yang sempit. Maka, struktur akan didesain menggunakan sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dan pada galian tanah metode pelaksanaan akan menggunakan *secant pile* sekaligus sebagai pondasi dinding *box* atau *basement* pada bangunan.

Desain bangunan Rumah Pompa ini akan mengacu pada beberapa peraturan yaitu, beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727–2013), persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847 – 2013), spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 1729 – 2015), dan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726 – 2012).

Desain struktur dan metode pelaksanaan Rumah Pompa diharapkan mempermudah pelaksanaan konstruksi Rumah Pompa dan tahan terhadap beban-beban dan gaya lateral.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam desain Rumah Pompa adalah :

1. Desain rumah pompa yang diletakkan pada tanah lunak dengan struktur bawah berada pada kedalaman -13.25 m dari permukaan tanah.
2. Desain metode pelaksanaan galian tanah pada pekerjaan struktur bawah.
3. Desain metode pelaksanaan pada pekerjaan struktur atas.

1.3 Tujuan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat meletakkan desain rumah pompa pada tanah lunak dengan struktur bawah berada pada kedalaman - 13.25 m dari permukaan tanah.
2. Dapat mendesain metode pelaksanaan galian tanah pada pekerjaan struktur bawah.
3. Dapat mendesain metode pelaksanaan pada pekerjaan struktur atas.

1.4 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang menjadi batasan masalah dalam perencanaan Struktur dan metode pelaksanaan bangunan rumah pompa adalah:

1. Desain ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, arsitektural dan elektrik.
2. Desain dan perhitungan struktur atas meliputi:
 - a. Rangka atap dari baja.
 - b. Kolom, balok lantai dan pelat lantai dari beton bertulang.
3. Desain dan perhitungan struktur bawah meliputi:
 - a. Poer (*pile cap*) dari beton bertulang.
 - b. Pondasi menggunakan pondasi bore pile.
 - c. Struktur boks dari dinding *secant pile*.

4. Desain metode pelaksanaan struktur rumah pompa tidak ditinjau akibat beban gempa, meliputi:
 - a. Struktur atas.
 - b. Struktur bawah (metode galian tanah menggunakan *secant pile*).

1.5 Manfaat

Manfaat penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat mendesain struktur struktur rumah pompa yang tahan terhadap gaya gempa.
2. Dapat mendesain metode pelaksanaan struktur rumah pompa.
3. Dapat menganalisa metode galian tanah.
4. Dapat memberikan manfaat bagi pembaca yang ingin mendesain struktur Rumah Pompa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan desain struktur dan metode pelaksanaan galian rumah pompa merujuk pada beberapa tata cara desain bangunan dan juga pada beberapa referensi yaitu :

1. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013),
2. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Indonesia (PPIUG:1983),
3. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013),
4. Spesifikasi untuk Bangunan Baja Gedung Struktural (SNI 1729:2015),
5. Tata Cara Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012),
6. Desain Bangunan Penahan Sedimen (SNI 2851:2015)
7. Mekanika Tanah – Braja M. Das, Noor Endah, Indra Surya,
8. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi – Ir Suyono dan Kazuto Nakazawa,
9. Analisis dan Desain Pondasi – Joseph E. Bowles.
10. *Pile Foundations in Engineering Practice* – Shamsher Prakash and Hari D. Sharma.

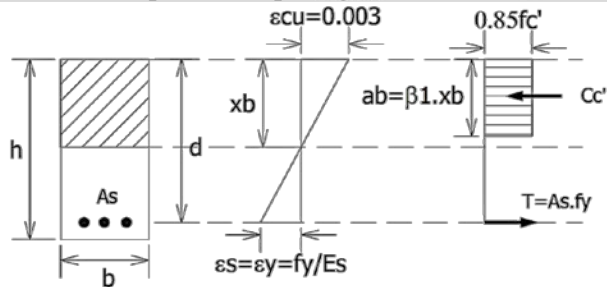
2.1 Struktur Beton Bertulang

Komponen struktur yang dibebani lentur, aksial dan kombinasi beban lentur dan aksial harus memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 10.3 dan harus didasarkan atas kompatibilitas tegangan dan regangan dengan menggunakan asumsi pada pasal 10.2. Desain struktur beton bertulang memiliki beberapa bagian, yaitu :

a. Kondisi *balanced*

Regangan seimbang terjadi pada penampang ketika tulangan tarik mengalami leleh pada saat bersamaan dengan tercapainya regangan batas 0.003 pada bagian tertekan. Sehingga, gaya tarik yang terjadi pada beton

sama dengan gaya tekan yang terjadi pada penampang ($T = Cc'$), dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Diagram tegangan regangan pada kondisi *balance*

- b. Kondisi *under reinforced*
Kondisi dimana tulangan tarik baja mengalami leleh terlebih dahulu, sehingga beton tidak mengalami runtuh seketika dan menghasilkan suatu ragam keruntuhan yang daktail dan berdeformasi besar.
- c. Kondisi *over reinforced*
Terjadi saat penampang tekan mengalami runtuh atau kehancuran beton sebelum tulangan tarik mengalami leleh (masih dalam kondisi elastis) sehingga menghasilkan ragam keruntuhan getas.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen

SRPM adalah singkatan dari Sistem Rangka Pemikul Momen, atau *Moment Resisting Frame*. Istilah ini sering kita dengar pada pembahasan mengenai struktur gedung tahan gempa. SRPM merupakan salah satu "pilihan" sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa. Ciri-ciri SRPM antara lain: Beban lateral khususnya gempa, ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan balok, kolom, dan sambungan balok kolom di sini sangat penting; Tidak menggunakan dinding geser. Kalaupun ada dinding, dinding tersebut tidak didesain untuk menahan beban lateral; Tidak

menggunakan bresing (*bracing*). Untuk struktur baja, penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom. Dalam hal ini, bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom, dan sistem bresing pada arah lainnya. SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

Berikut adalah persyaratan pada perencanaan bangunan menggunakan system rangka pemikul momen biasa (SRPMB):

1. Balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan. (SNI 2847: 2013 Pasal 21.2.2)
2. Kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain untuk geser sesuai dengan 21.3.3.2. (SNI 2847: 2013 Pasal 21.2.3).

2.4 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan karena berat sendiri tanah atau beban di atasnya sehingga tanah mendorong dinding penahan atau membuat dinding penahan bergerak menjauhi tanah tersebut. Sedangkan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah perlawanan yang timbul karena pergerakan dinding penahan tanah atau tekanan tanah aktif. Menurut Rankine, koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dinyatakan dalam persamaan berikut.

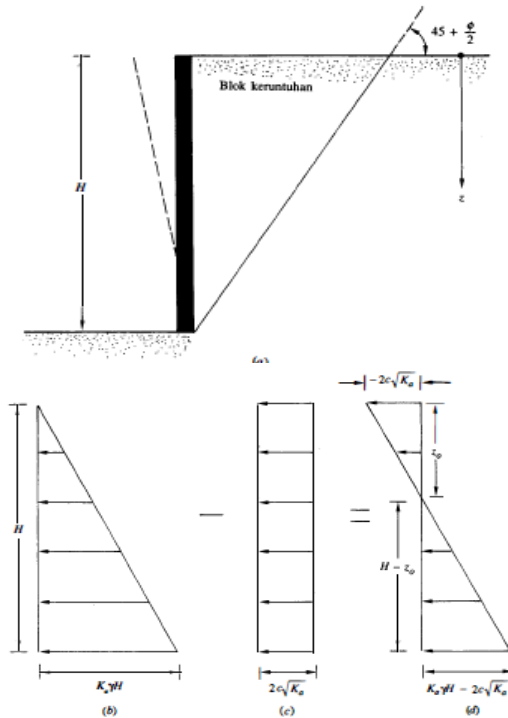
- Koefisien tekanan tanah aktif

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2-1)$$

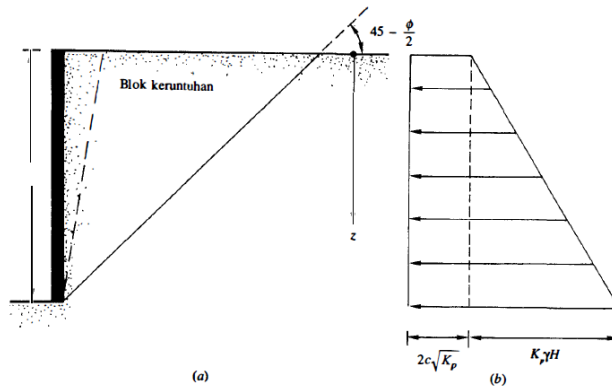
- Koefisien tekanan tanah pasif

$$k_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2-2)$$

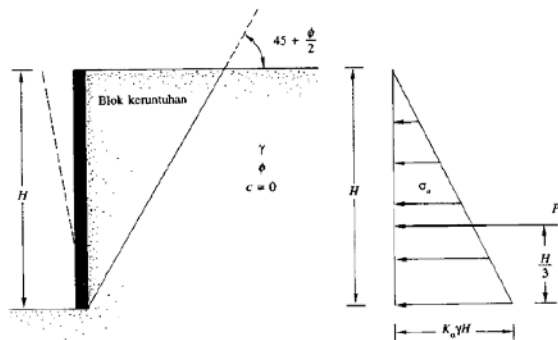
Tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada dinding penahan dibedakan berdasarkan kondisi tanah berkohesi dan tidak berkohesi. Distribusi tekanan tanah dapat dilihat pada gambar untuk tanah berkohesi dan pada gambar untuk tanah non-koheisi.



Gambar 2.2 Distribusi tekanan tanah aktif pada tembok dengan tanah yang berkohesi



Gambar 2.3 Distribusi tekanan tanah pasif pada dinding dengan tanah yang berkohesi

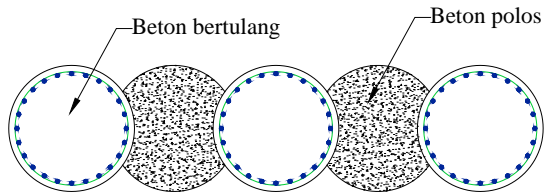


Gambar 2.4 Distribusi tekanan tanah pasif pada dinding dengan tanah yang tidak berkohesi

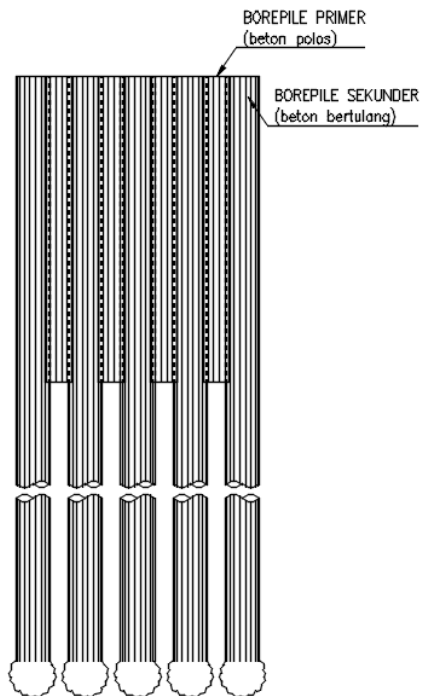
2.5 Secant Pile

Secant pile merupakan dinding menerus yang dibuat dari tiang-tiang bor yang saling berpotongan sehingga membentuk dinding yang rapat. Material yang digunakan adalah beton bertulang dan beton polos yang disusun bergantian dengan beton bertulang biasanya lebih panjang atau sama dengan beton polos seperti pada gambar 2.6. Fungsi dari secant pile sama seperti turap yaitu sebagai dinding penahan tanah untuk mencegah terjadinya

kelongsoran dan dapat digunakan sebagai penahan beban gravitasi.



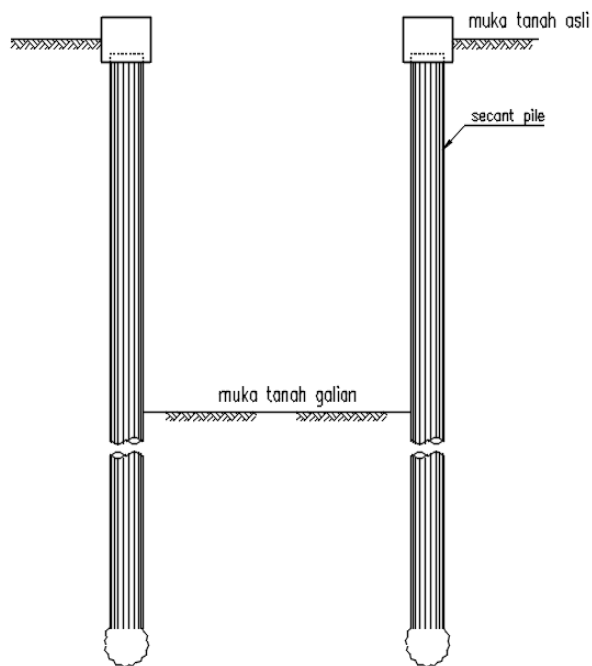
Gambar 2.5 Pemasangan *secant pile*



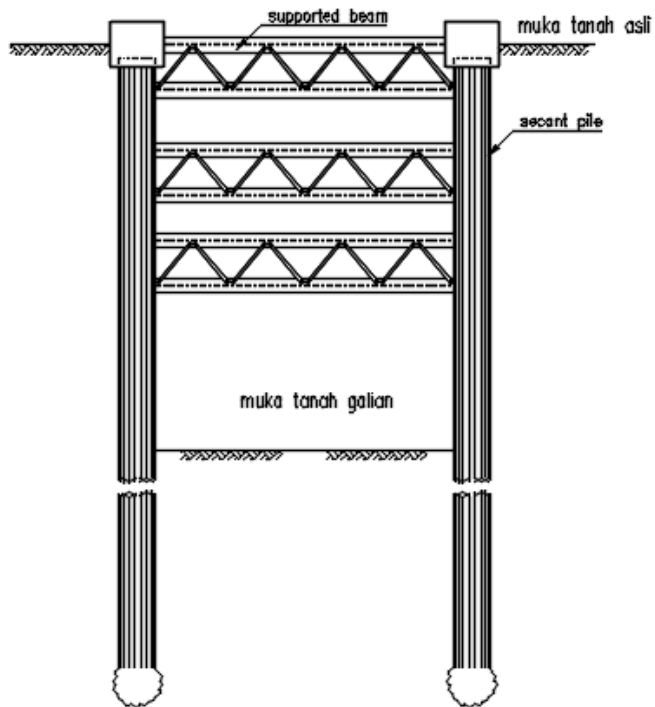
Gambar 2.6 Tampak depan *secant pile*

2.6 Metode Galian Tanah Menggunakan Secant Pile

Pada pembangunan rumah pompa yang memiliki kondisi tanah lunak dan lahan yang sempit maka diperlukan metode galian tanah yang dapat menggali tanah secara tegak lurus. Sehingga pada galian tanah ini digunakan metode galian menggunakan *secant pile* yang dipasang mengelilingi area galian. Selain sebagai dinding penahan tanah pada saat pelaksanaan, *secant pile* juga berfungsi sebagai dinding *box* atau *basement* sekaligus sebagai pondasi struktur atas. Selama proses galian, lendutan *secant pile* dibatasi sehingga memungkinkan adanya perkuatan dalam hal ini digunakan *supported beam*.



Gambar 2.7 Galian tanah menggunakan *secant pile*



Gambar 2.8 Galian tanah menggunakan *secant pile* dengan perkuatan *supported beam*

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah yang digunakan dalam desain struktur dan metode pelaksanaan rumah pompa PLTU Pangkalan Susu adalah sebagai berikut:

3.1 Metode Desain Struktur

Merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam mendesain struktur bangunan rumah pompa PLTU Pangkalan Susu.

3.1.1 Pengumpulan Data

1. Data Primer
 - Foto lokasi
 - Tidak dilakukan pengamatan langsung ke lokasi
2. Data Sekunder
 - Gambar rencana bangunan
 - Data tanah
 - Peraturan – peraturan dan buku penunjang lain sebagai dasar teori

3.1.2 Preliminary Design

1. Balok dan Atap Baja
Penentuan dimensi profil balok berdasarkan:
$$\frac{M_{\text{terjadi}}}{\sigma_{\text{ijin}}} \leq w_x \text{desain}$$
$$w_x = \text{momen lawan}$$
$$M_{\text{terjadi}} = \text{momen yang terjadi akibat beban vertikal}$$
$$\sigma_{\text{ijin}} = \text{tegangan iji baja}$$
2. Pelat Lantai
Penentuan sistem pelat satu arah atau dua arah dengan ketentuan:
 - $\frac{\ell_n}{s_n} \geq 2$, pelat satu arah

- $\frac{\ell_n}{S_n} < 2$, pelat dua arah

Dimana,

ℓ_n = bentang bersih sumbu panjang

S_n = bentang bersih sumbu pendek

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 ketebalan pelat minimum diantara tumpuan ada semua sisinya harus memenuhi:

- $\alpha_m \leq 0,2$ harus menggunakan SNI pasal 9.5.3.2
- $0,2 < \alpha_m < 2,0$ maka $h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} \geq 125 \text{ mm}$
- $\alpha_m > 2,0$ maka $h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm}$

α_m = rata-rata rasio kekakuan balok terhadap pelat

3. Dinding basement

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 14 ketebalan dinding basement $t > 190 \text{ mm}$.

4. Balok

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 tinggi minimum

h adalah $\frac{\ell}{16}$. Dan Namun, dalam preliminary design kali

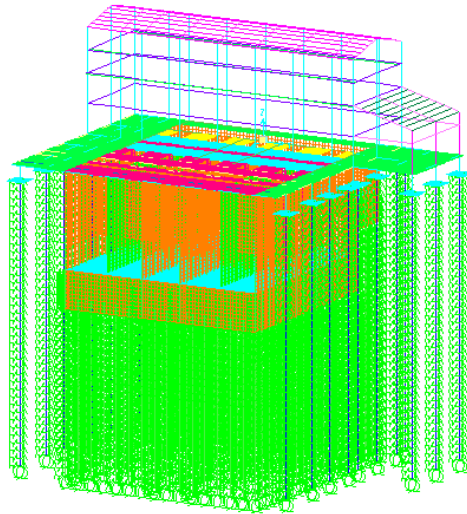
ini dipakai $h = \frac{\ell}{12}$ dengan lebar $b = \frac{2}{3}h$

5. Pondasi

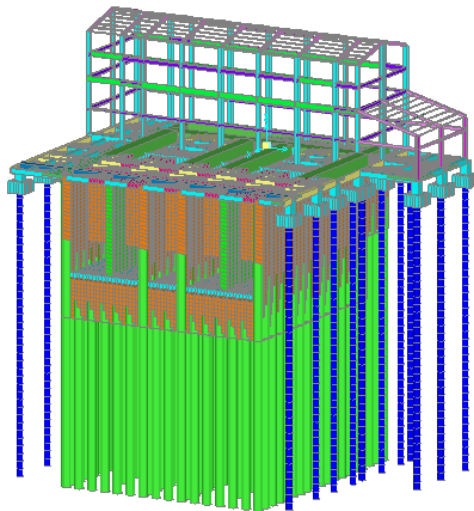
Didesain menggunakan pondasi *secant pile* dan *bored pile*.

3.1.3 Permodelan struktur

Permodelan struktur menggunakan bantuan program komputer SAP 2000.



Gambar 3.1 Permodelan struktur rumah pompa



Gambar 3.2 3D permodelan struktur rumah pompa

3.1.4 Analisa Pembebanan Struktur

A. Beban – beban

a. Beban mati:

- Beton bertulang $= 2400 \text{ kg/m}^3$
- Baja $= 7800 \text{ kg/m}^3$

b. Beban Angin

- Letak Bangunan : Dekat Pantai
- Kecepatan angin, V : 120 km/jam
- Tekanan tiup angin, p : $V^2/16 \text{ (kg/m}^2\text{)}$

c. Beban Hidup

- Beban Pekerja $= 100 \text{ kg/m}^2$
- Beban Peralatan
- Beban Pompa
- Beban *Crane*

d. Beban tekanan tanah

- Tekanan tanah aktif dan pasif

e. Beban tekanan air

- Tekanan *Uplift*
- Tekanan hidrostatik
- Tekanan hidrodinamis

f. Beban Gempa

- Periode ulang : 2500 tahun
- Daerah : Pangkalan Susu, Sumatera Utara
- Percepatan batuan dasar periode pendek, S_s
- Percepatan batuan dasar periode 1 detik, S_1
- Kelas situs : SE (tanah lunak)
- Percepatan respon spektrum periode pendek, F_a
- Percepatan respon spektrum periode 1 detik, F_v
- Parameter spektra desain untuk periode pendek, S_{DS}
- Parameter spektra desain untuk periode 1 detik, S_1
- T_0 : $0,2 \times \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right)$
- T_s : $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

B. Kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI 1727-2013 pasal 2.3 sebagai berikut:

1. Kombinasi *Ultimate*

Kombinasi ini digunakan untuk perhitungan struktur (meliputi penulangan dan perhitungan baja)

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + 1,6Tt$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + 1,6Tt + 1,6Ta + 1,6Up$
- $U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (Lr \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

2. Kombinasi Layan

Kombinasi ini digunakan untuk perhitungan pondasi dan deformasi/lendutan

- $U = D$
- $U = D + L$
- $U = D + L + Lt$
- $U = D + L + Tt + Ta + Up$
- $U = D + Lr \text{ atau } S \text{ atau } R$
- $U = D + 0,75L + 0,75 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
- $U = 0,6D + 0,6W$
- $U = 0,6D + 0,7E$

Dimana,

D = Beban mati

- L = Beban hidup
 Tt = Tekanan tanah aktif dan pasif
 Ta = Tekanan air
 Up = Tekanan *uplift*
 E = beban gempa
 W = beban angin
 Lr = beban hidup atap
 R = beban hujan
 S = beban salju

3.1.5 Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Struktur

- a) Dari *output* SAP diperoleh nilai gaya geser (**D**), momen lentur (**M**), momen torsi (**T**), dan nilai gaya aksial (**P**).
- b) Perhitungan struktur untuk baja menggunakan metode LRFD dan beton bertulang menggunakan SRPMB
- c) Perhitungan Pondasi
 - a. Daya dukung aksial pondasi tiang
 - Gaya geser dinding tiang (R_f)
$$R_f = U \times \Sigma(l_i \times f_i)$$

Dimana,

U = panjang keliling tiang (m)

l_i = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)

f_i = besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m²). Diperkirakan berdasar Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang

Jenis tiang tanah pondasi	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

- Daya dukung pada ujung tiang pancang (R_p)
- $$R_p = q_d \times A$$

Dimana,

q_d = daya dukung terpusat tiang (ton)

l = panjang ekivalen pemancangan ke dalam lapisan pendukung

D = diameter tiang

A = luas ujung tiang (m^2)

Tabel 3.2 perkiraan q_d untuk tiang dicor ditempat

Intensitas daya dukung ultimate pada ujung tiang (q_u)	(Satuan: t/m^2)		
	Lapisan kerikil ¹⁾	$N \geq 50$ $50 > N \geq 40$ $40 > N \geq 30$	750 525 300
	Lapisan berpasir ¹⁾	$N \geq 30$	300
	Lapisan lempung keras	$3q_u^{2)}$	

1) Perbedaan antara lapisan kerikil dengan lapisan berpasir dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil penyelidikan pada sejumlah kecil tanah tersebut. Lapisan berpasir yang bercampur dengan kerikil dianggap sama dengan lapisan berpasir tanpa kerikil. Harga N diperoleh dari penyelidikan

2) Pada lapisan lempung keras, intensitas daya dukung ditetapkan berkenaan dengan "Kriteria perencanaan pondasi kaisan q_u adalah kekuatan geser unconfined (t/m^2)"

- Daya dukung ultimate tiang pada tanah pondasi (R_u)

$$R_u = R_p + R_f$$

- Daya dukung ijin tiang (R_a)

$$R_a = \frac{R_u}{SF} \text{ dengan } SF \text{ (safety factor)} = 3$$

b. Pile Cap

- Kontrol geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

$$V_c \leq \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi V_c = 0.6 V_c$$

Dimana,

β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, daerah beban terpusat atau daerah reaksi

b_o = keliling penampang kritis.

3.1.6 Cek Desain

Melakukan pengecekan hasil perhitungan desain.

3.1.7 Gambar Desain

1. Gambar Arsitektur
 - a. Gambar denah
 - b. Gambar tampak
2. Gambar Potongan
 - a. Potongan memanjang
 - b. Potongan melintang
3. Gambar Penulangan
 - a. Gambar penulangan balok
 - b. Gambar penulangan pelat
 - c. Gambar penulangan pile cap
4. Gambar Detail
 - a. Gambar detail sambungan baja
 - b. Gambar detail pondasi.

3.2 Metode Desain Pelaksanaan

Merupakan langkah-langkah konstruksi rumah pompa PLTU Pangkalan Susu meliputi galian tanah dengan menggunakan *secant pile*, pekerjaan bangunan bawah, dan pekerjaan bangunan atas.

3.2.1 Pengumpulan Data

1. Data Primer
 - Foto lokasi
 - Tidak dilakukan pengamatan langsung ke lokasi
2. Data Sekunder
 - Gambar rencana bangunan
 - Data tanah
 - Peraturan – peraturan dan buku penunjang lain sebagai dasar teori.

3.2.2 Penentuan Metode Pelaksanaan

Menentukan metode yang digunakan untuk pekerjaan pembangunan rumah pompa. Meliputi :

- a. Metode galian tanah menggunakan *secant pile* sekaligus sebagai dinding boks atau *basement*.
- b. Metode penulangan dan pengecoran struktur atas
- c. Metode pemasangan struktu atas.

3.2.3 Analisa metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan dianalisa dengan memodelkan menggunakan bantuan program komputer SAP 2000.

3.2.4 Analisa Pembebanan Pelaksanaan

1. Beban – beban
 - a. Beban mati :
 - Beton bertulang $= 2400 \text{ kg/m}^3$
 - Baja $= 7800 \text{ kg/m}^3$
 - b. Beban hidup
 - Pekerja
 - c. Tekanan tanah lateral akibat peralatan kerja
 - d. Tekanan tanah aktif dan pasif
 - e. Tekanan air
2. Kombinasi pembebanan
 - a. Kombinasi *ultimate*

$$U = 1,2D + 1,6L + 1,3Tt + 1,3Ta$$
 - b. Kombinasi layan

$$U = D + L + Tt + Ta$$

Dimana,

D = beban mati

L = beban hidup

Tt = Tekanan tanah aktif dan pasif

Ta = Tekanan air

3.2.5 Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Pelaksanaan

1. Dari *out put SAP* diperoleh nilai gaya geser (D), momen lentur (M), momen torsi (T), dan nilai gaya aksial (P).
2. Perhitungan struktur untuk baja menggunakan metode LRFD.

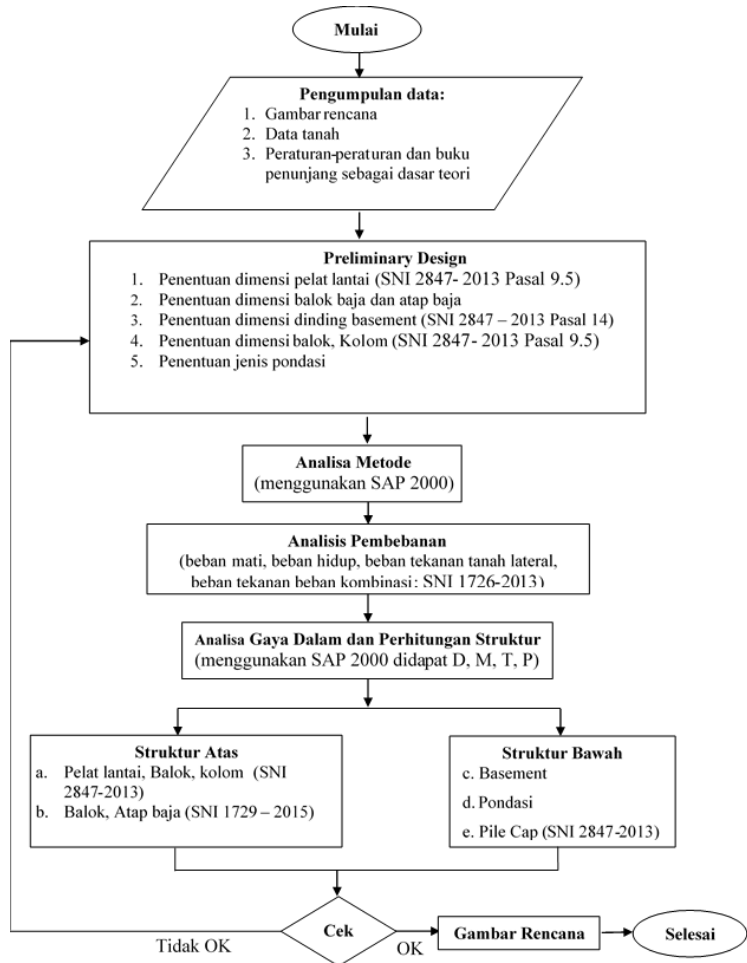
3.2.6 Cek Desain Pelaksanaan

Melakukan pengecekan hasil perhitungan desain *secant pile*.

3.2.7 Gambar Desain Pelaksanaan

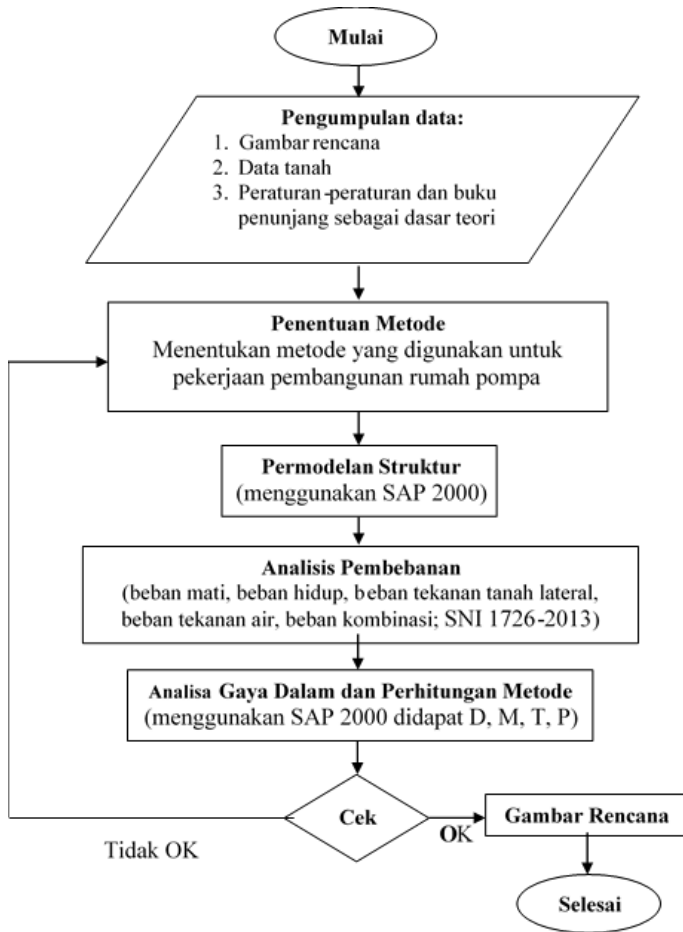
Gambar desain metode (tahapan) pelaksaan.

3.3 Diagram Alir Desain Struktur



Gambar 3.3 Diagram alir desain struktur

3.4 Diagram alir desain pelaksanaan



Gambar 3.4 Diagram alir desain struktur

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN DESAIN STRUKTUR

4.1 Preliminary Design

1. Material

a. Beton bertulang

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa} \text{ (} D \geq 13\text{mm)}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa} \text{ (} D < 13\text{mm)}$$

b. Baja

$$BJ = 41$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

2. Box atau basement

Direncanakan menggunakan struktur dinding beton bertulang dan secant pile sebagai dinding penahan yang sekaligus berfungsi sebagai pondasi.

a. Dinding beton bertulang

Dinding direncanakan dengan tebal, $t = 1000\text{mm}$

b. Secant pile

Terdiri dari borepile beton bertulang dan beton biasa dengan diameter masing-masing, $\emptyset = 1200\text{mm}$.

3. Balok lantai

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 9.5 tinggi minimum

h adalah $\frac{1}{16}$. Namun, dalam *preliminary design* ini

dipakai $h = \frac{1}{12}$ dengan lebar $b = \frac{2}{3}h$.

4. Pelat lantai

Pelat lantai pada bangunan didesain dengan ketebalan berikut.

$$S1, t = 1000 \text{ mm}$$

$$S2, t = 500 \text{ mm}$$

$$S3, t = 300 \text{ mm}$$

5. Upperstructure

Didesain menggunakan rangka baja meliputi kolom, balok, kuda-kuda dan gording yang didesain menggunakan profil berikut

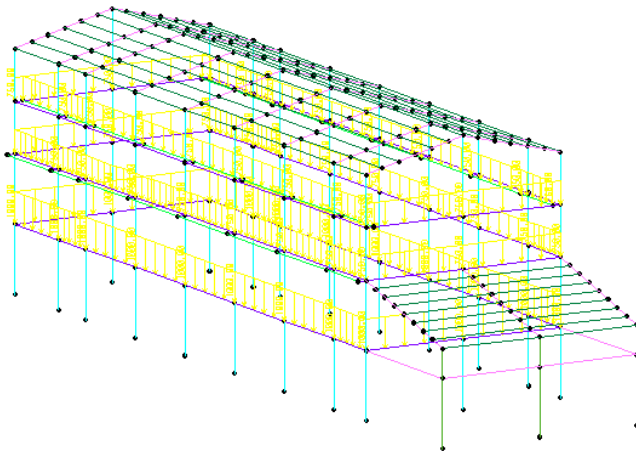
- | | | |
|--------------|---|----------------------|
| a. Balok | → | Wf 500.200.10.16 |
| b. Kolom | → | H-beam 500.500.12.16 |
| | | H-beam 400.400.12.16 |
| c. Kuda-kuda | → | Wf 400.200.8.13 |
| d. Gording | → | UNP 150.75.9.12,5 |

4.2 Analisa Pembebanan Struktur

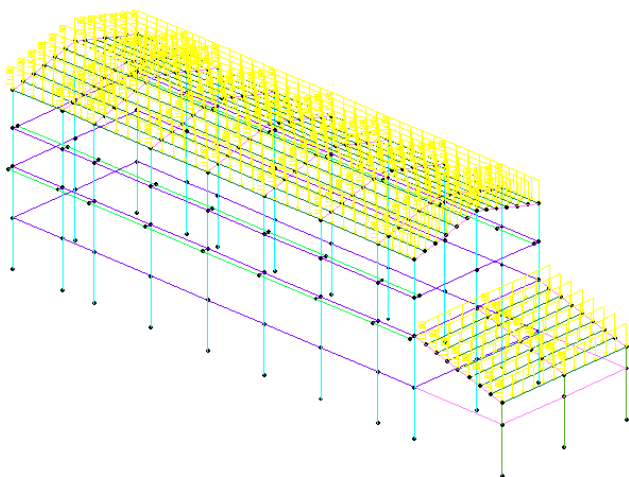
4.2.1 Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri elemen struktur yang akan dihitung otomatis sebagai *self weight* oleh *software* SAP2000 dan beban mati tambahan sebesar berikut.

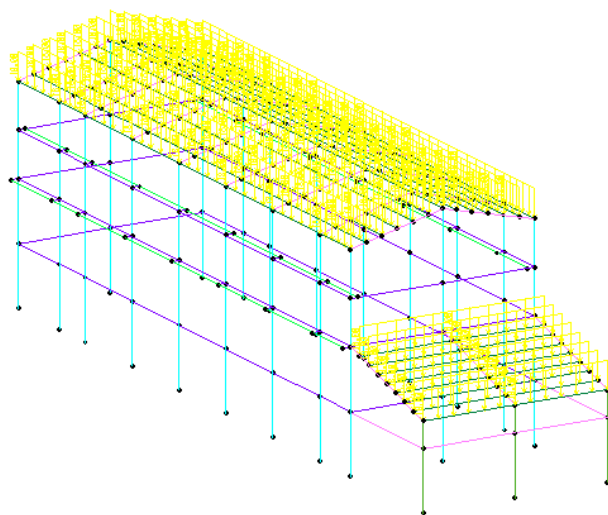
- | | |
|------------------------|-------------------------|
| a. Dinding | = 250 kg/m ² |
| b. Atap seng gelombang | = 10 kg/m ² |
| c. Plafon | = 18 kg/m ² |



Gambar 4.1 *Input* beban dinding



Gambar 4.2 *Input beban atap*



Gambar 4.3 *Input beban plafon*

4.2.2 Beban hidup

Beban hidup pada lantai dibedakan menjadi berdasarkan area kerja rumah pompa utama dan sekunder. Untuk area kerja utama diambil sebesar 1000 kg/m^2 , sedangkan area kerja sekunder diambil sebesar 500 kg/m^2 . Beban pekerja pada atap diambil sebesar 133 kg berdasarkan SNI 1727:2013.

4.2.3 Beban Peralatam

a. Crane

Ada 2 jenis *crane* yang ada pada bangunan ini dengan kapasitas sebesar 15 ton dan 32.5 ton. Beban crane dimodelkan sebagai beban berjalan. *Input* beban crane pada SAP2000 ditunjukkan pada gambar berikut.

General Vehicle Data

Vehicle name

Units

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	One Point	
For Other Responses	0.	One Point	

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports
☒ Interior Vertical Support Forces
☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load
Lane Exterior Edge
Lane Interior Edge

Length Effects
Axle
Uniform

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	0.2		0.	Zero Width		8500.	One Point	
Fixed Length	0.5		0.	Zero Width		8500.	One Point	
Fixed Length	0.5		0.	Zero Width		8500.	One Point	

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor
☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Gambar 4.4 *Input* beban crane 15ton (crane di pinggir)

General Vehicle Data

Vehicle name: Units:

Floating Axle Loads

Value Width Type Axle Width

For Lane Moments:

For Other Responses:

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: Lane Interior Edge:

Length Effects

Axle:

Uniform:

Load Plan

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	0.2		0	Zero Width		4250	One Point	
Fixed Length	0.2		0	Zero Width		4250	One Point	
Fixed Length	0.5		0	Zero Width		4250	One Point	

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Gambar 4.5 Input beban crane 15ton (crane di ditengah)

General Vehicle Data

Vehicle name: Units:

Floating Axle Loads

Value Width Type Axle Width

For Lane Moments:

For Other Responses:

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports

☒ Interior Vertical Support Forces

☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

Lane Exterior Edge: Lane Interior Edge:

Length Effects

Axle:

Uniform:

Load Plan

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	0.2		0	Zero Width		17500	One Point	
Fixed Length	0.2		0	Zero Width		17500	One Point	
Fixed Length	0.5		0	Zero Width		17500	One Point	

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Gambar 4.6 Input beban crane 32,5ton (crane di pinggir)

General Vehicle Data

Vehicle name: Units:

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0	One Point	
For Other Responses	0	One Point	

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports
☒ Interior Vertical Support Forces
☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

	Value
Lane Exterior Edge	0.3048
Lane Interior Edge	0.6096

Length Effects

	Value	Modify/Show
Axle	None	Modify/Show
Uniform	None	Modify/Show

Load Plan

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	0.2	0	0	Zero Width	8750	One Point		
Fixed Length	0.5	0	0	Zero Width	8750	One Point		
Fixed Length	0.5	0	0	Zero Width	8750	One Point		

☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Gambar 4.7 Input beban crane 32,5ton (crane di tengah)

b. *Trashrack*

Diasumsikan sebesar 5 ton dan dimodelkan sebagai beban berjalan. Input beban *trashrack* pada SAP2000 situnjukkan pada gambar berikut.

General Vehicle Data

Vehicle name: Units:

Floating Axle Loads

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0	One Point	
For Other Responses	0	One Point	

☐ Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage

☒ Lane Negative Moments at Supports
☒ Interior Vertical Support Forces
☒ All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load

	Value
Lane Exterior Edge	0.3048
Lane Interior Edge	0.6096

Length Effects

	Value	Modify/Show
Axle	None	Modify/Show
Uniform	None	Modify/Show

Load Plan

Load Elevation

Loads

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	0.2	0	0	Zero Width	1250	One Point		
Fixed Length	0.5	0	0	Zero Width	1250	One Point		
Fixed Length	0.7	0	0	Zero Width	1250	One Point		

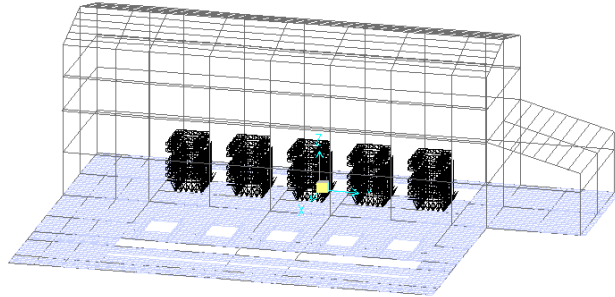
☐ Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor:

☐ Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

Gambar 4.8 Input beban trashrack

c. Pompa

Pada rumah pompa ini memiliki 5 buah pompa dengan berat 25 ton per pompa. Berikut merupakan *input* beban pompa pada SAP2000.



Gambar 4.9 *Input* beban pompa

4.2.4 Tekanan Tanah

Terdiri dari tekanan tanah aktif dan pasif yang didapatkan dari *properties* tanah pada setiap *layer*. Kondisi tanah pada bangunan ini terbagi menjadi 3 *layer*.

1. *Layer* pertama (-1 m sampai -12 m)

$$\begin{aligned}\gamma t1 &= 1.47 \text{ t/m}^3 \\ \phi 1 &= 2.1 \text{ degrees} \\ C1 &= 0.8 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

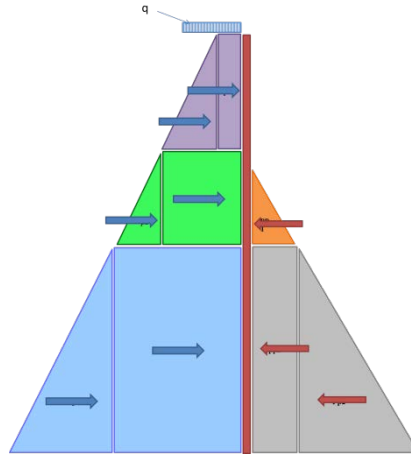
2. *Layer* kedua (-13 m sampai -21 m)

$$\begin{aligned}\gamma t2 &= 1.66 \text{ t/m}^3 \\ \phi 2 &= 2 \text{ degrees} \\ C2 &= 1.6 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

3. *Layer* ketiga (-22 m sampai -53 m)

$$\begin{aligned}\gamma t3 &= 1.56 \text{ t/m}^3 \\ \phi 3 &= 2.4 \text{ degrees} \\ C3 &= 1.4 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Dari data di atas dapat menentukan besaran tekanan tanah aktif dan pasif.



Gambar 4.10 Tekanan tanah aktif dan pasif

a. Tekanan tanah aktif

Tekanan tanah dibebankan hanya pada dinding penahan tanah berupa *secant pile* sedalam -18m sehingga hanya dibebankan sampai kedalaman -18m.

- *Layer pertama*

$$h_1 = 12 \text{ m}$$

$$q = 1 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} k_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{2.1}{2} \right) \\ &= 0.929 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_a &= (q + \gamma t \cdot h_1) k_a - 2c \sqrt{k_a} \\ &= (1 \text{ t/m}^2 + 1.47 \text{ t/m}^3 \cdot 12 \text{ m}) 0.929 - 2.0,8 \text{ t/m}^2 \cdot \sqrt{0.929} \\ &= 15.798 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- *Layer kedua*

$$h_1 = 12 \text{ m}$$

$$h_2 = 6 \text{ m}$$

$$q = 1 \text{ t/m}^2$$

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

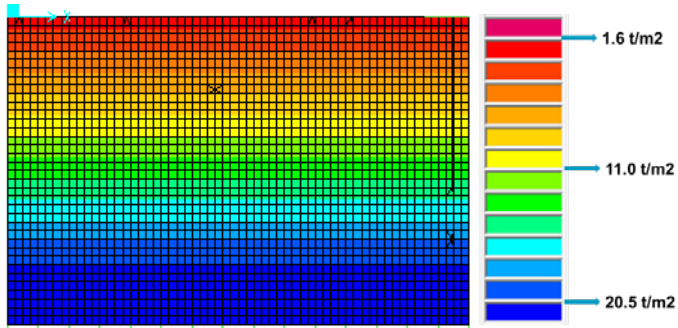
$$= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\gamma}{2} \right)$$

$$= 0.933$$

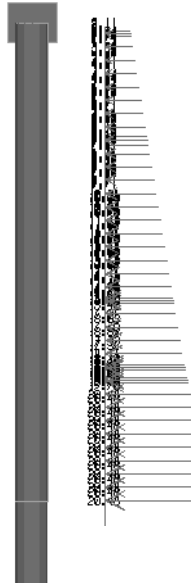
$$p_a = (q + \gamma t_1 \cdot h_1 + \gamma t_2 \cdot h_2) k_a - 2c \sqrt{k_a}$$

$$= (1 \text{ t/m}^2 + 1.47 \text{ t/m}^3 \cdot 12 \text{ m} + 1.66 \text{ t/m}^3 \cdot 6 \text{ m}) 0.929 - 2 \cdot 1.6 \text{ t/m}^2 \cdot \sqrt{0.933}$$

$$= 23.58 \text{ t/m}^2$$



Gambar 4.11 Kontur *input* beban tekanan tanah aktif



Gambar 4.12 *Input* beban tekanan tanah aktif

b. Tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif dimodelkan pada SAP2000 menggunakan konstanta pegas atau *spring constant*. Berikut perhitungan spring yang di input pada SAP 2000.

Tabel 4.1 Konstanta pegas pada *secant pile*

Depth (m)	N SPT	Eo = 28N	1.20 m	D = 1.20m y = 1.00cm	A = 0.25m ²
			ko = 0,2. Eo.D ^{-0.75}	k = ko.y ^{-0.5}	kx=ky
		kg/cm ²	kg/cm ³	kg/cm ³	t/m
0.00	0.00				
-1.00	2.00	56.00	0.31	0.31	77.23
-2.00	3.00	84.00	0.46	0.46	115.84
-3.00	3.00	84.00	0.46	0.46	115.84
-4.00	3.00	84.00	0.46	0.46	115.84
-5.00	4.00	112.00	0.62	0.62	154.46
-6.00	4.00	112.00	0.62	0.62	154.46
-7.00	4.00	112.00	0.62	0.62	154.46
-8.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-9.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-10.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-11.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-12.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-13.00	6.00	168.00	0.93	0.93	231.68
-14.00	7.00	196.00	1.08	1.08	270.30
-15.00	7.00	196.00	1.08	1.08	270.30
-16.00	8.00	224.00	1.24	1.24	308.91
-17.00	8.00	224.00	1.24	1.24	308.91
-18.00	9.00	252.00	1.39	1.39	347.52

4.2.5 Tekanan Air

Terdiri dari tekanan *uplift*, hidrosatis, dan hidrodinamis. Diketahui bahwa:

- Berat jenis air, $\gamma_w = 1 \text{ Ton/m}^3$

Dari data diatas dapat diketahui besar tekanan *uplift*, hidrosatis, dan hidrodinamis.

a. Tekanan *Uplift*

Diketahui ketinggian air dari elevasi ± 0.00 ,

$h_1 = 7 \text{ meter}$

$$h_2 = 13 \text{ meter}$$

Tekanan *uplift* dihitung menggunakan rumus:

$$Up = \gamma_w \cdot h$$

$$Up_1 = 1 \text{ Ton/m}^3 \cdot 7 \text{ m}$$

$$= 7 \text{ Ton/m}^2$$

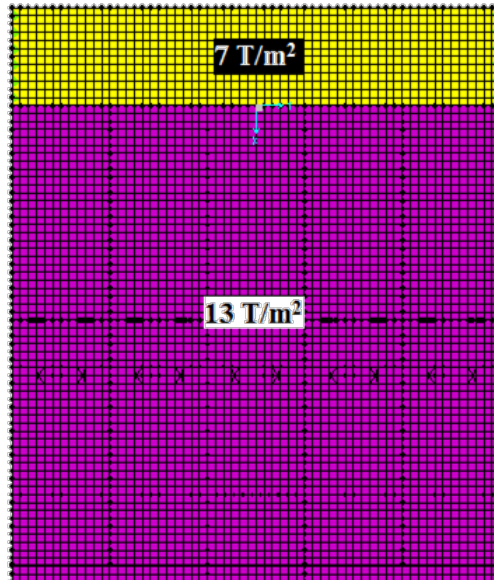
$$Up_2 = 1 \text{ Ton/m}^3 \cdot 13 \text{ m}$$

$$= 13 \text{ Ton/m}^2$$

Input tekanan *uplift* dalam permodelan SAP2000 dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Input SAP tekanan *Uplift*

h	P	Cz	D
0	0 =	0 C + 1 D	
-13	-13 =	-13 C + 1 D	
	13 =	13 C 0	
C =		1	
D =		0	



Gambar 4.13 Kontur *input* beban tekanan uplift tampak atas (dalam satuan T,m)



Gambar 4.14 *Input tekanan uplift*

b. Tekanan Hidrostatik

Merupakan tekanan air dalam keadaan diam, dan perhitungannya sebesar berikut dengan muka air pada elevasi -2.00.

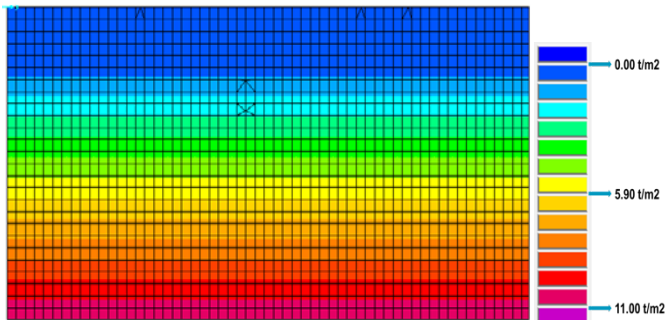
$$h_1 = 11 \text{ meter}$$

Tekanan air hidrostatik dihitung menggunakan rumus:

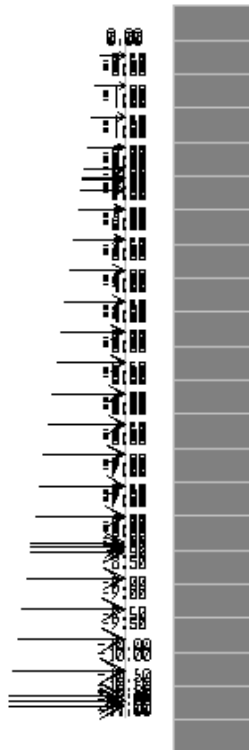
$$\begin{aligned} p_w &= \gamma_w \cdot h \\ &= 1 \text{ Ton/m}^3 \cdot 11 \text{ m} \\ &= 11 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 *Input SAP tekanan hidrostatik*

h	pa (t/m ²)	Cz	D
-2	0 =	-2 C + 1 D	
-13	-11 =	-13 C + 1 D	
	11 =	11 C	0
C =	1		
D =	2		



Gambar 4.15 *Kontur input beban tekanan hidrostatik*



Gambar 4.16 *Input* beban tekanan hidrostatik

c. Tekanan Hidrodinamis

Merupakan tekanan air dalam keadaan gerak atau saat keadaan dipompa, dan perhitungannya sebesar berikut dengan muka air pada elevasi -2.00.

$h = 11$ meter

Tekanan hidrodinamis dihitung berdasarkan SNI 2851:2015.

$$p_x = C_d \cdot \gamma_w \cdot k \cdot h$$

$$C_d = \frac{C_m}{2} \left[\frac{hx}{h_0} \left(2 - \frac{hx}{h_0} + \sqrt{\frac{hx}{h_0} \left(2 - \frac{hx}{h_0} \right)} \right) \right]$$

$$C_m = 0,72$$

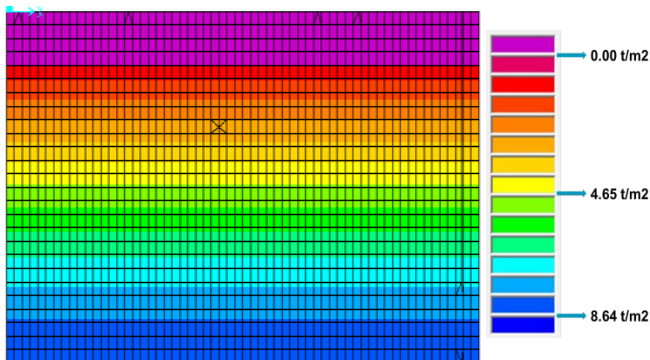
$H_0 = 12 \text{ m}$

Berikut merupakan tabel besaran tekanan air dinamis.

Tabel 4.4 Tekanan Hidrodinamis

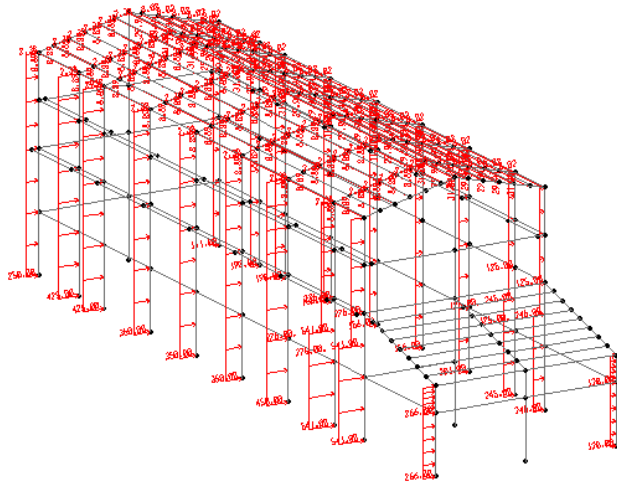
z	h	h_x/h_0	η	λ	Cd	$p_x \text{ (t/m}^2\text{)}$
-2	1	0.08	0.78	0.27	0.0695	0.8339
-3	2	0.17	0.68	0.3	0.1432	1.7180
-4	3	0.25	0.65	0.35	0.2170	2.6044
-5	4	0.33	0.63	0.365	0.2894	3.4733
-6	5	0.42	0.65	0.37	0.3593	4.3120
-7	6	0.50	0.7	0.375	0.4259	5.1106
-8	7	0.58	0.73	0.38	0.4884	5.8608
-9	8	0.67	0.79	0.387	0.5463	6.5553
-10	9	0.75	0.83	0.39	0.5989	7.1871
-11	10	0.83	0.88	0.393	0.6458	7.7496
-12	11	0.92	0.95	0.398	0.6864	8.2362
-13	12	1.00	0.12	0.42	0.7200	8.6400

Berikut merupakan *input* beban hidrodinamis pada SAP2000.

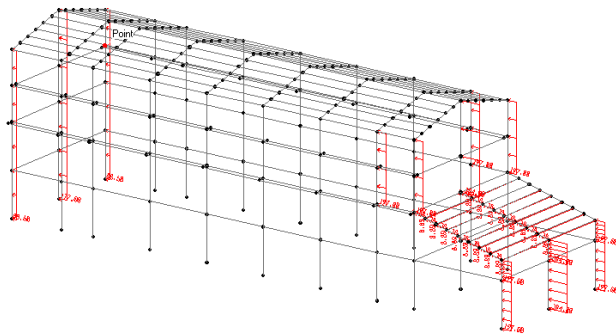


Gambar 4.17 Kontur input beban tekanan hidrodinamis

- Koefisien angin pada atap
Pada arah datang, $\alpha < 65^0$ maka koefisien dihitung sebesar $0.02 \cdot \alpha - 0.4 = -0.1$ dan pada arah pergi, -0.4 .



Gambar 4.19 *Input* beban angina arah X



Gambar 4.20 *Input* beban angina arah Y

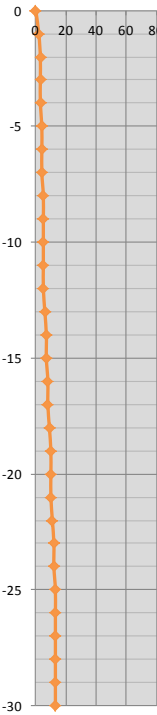
4.2.7 Beban Gempa

Metode yang digunakan dalam perhitungan beban gempa ini yaitu metode analisis respon spektrum. Beban gempa diperhitungkan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan probabilitas 2% dalam 50 tahun atau periode ulang 2500 tahun dengan lokasi bangunan berada di Tanjung Pasir, Pangkalan Susu, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.

- Penentuan kelas situs

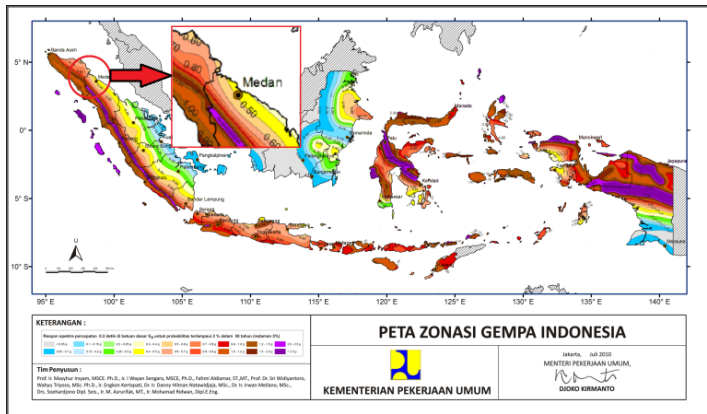
Kelas situs diklasifikasikan dari data tanah yang ada.

Tabel 4.5 Penentuan Kelas Situs

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	di	di/Ni
0	Lempung, pasir	0			
-1	Lempung, pasir	2.00		1	0.500
-2	Lempung, pasir	3.00		1	0.333
-3	Lempung	3.00		1	0.333
-4	Lempung	3.00		1	0.333
-5	Lempung	4.00		1	0.250
-6	Lempung	4.00		1	0.250
-7	Lempung	4.00		1	0.250
-8	Lanau, pasir	5.00		1	0.200
-9	Lanau, pasir	5.00		1	0.200
-10	Lanau, pasir	5.00		1	0.200
-11	Lanau, pasir	5.00		1	0.200
-12	Lempung berpasir	5.00		1	0.200
-13	Lempung	6.00		1	0.167
-14	Lempung	7.00		1	0.143
-15	Lempung	7.00		1	0.143
-16	Lempung	8.00		1	0.125
-17	Lempung	8.00		1	0.125
-18	Lempung	9.00		1	0.111
-19	Lempung	10.00		1	0.100
-20	Lempung	10.00		1	0.100
-21	Lempung	10.00		1	0.100
-22	Lempung	11.00		1	0.091
-23	Lempung	12.00		1	0.083
-24	Lempung	12.00		1	0.083
-25	Lempung	13.00		1	0.077
-26	Lempung	13.00		1	0.077
-27	Lempung	13.00		1	0.077
-28	Lempung	13.00		1	0.077
-29	Lempung	13.00		1	0.077
-30	Lempung	13.00		1	0.077
			Σ	30	5.083
			N	5.902483555	

Kelas situs = Tanah lunak (SE)

- Penentuan beban gempa
 1. Nilai S_s (respons spectra spektra 0.2 detik) = 0.6 g



Respons spektrum dihitung berdasarkan data kelas situs tanah, Ss, dan S1. Berikut merupakan perhitungan dan *input* respons spektrum pada SAP2000.

Function Name: 2500Th **Function Damping Ratio**: 0.05

Parameters

- ☐ Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
- ☐ Ss and S1 from USGS - by Zip Code
- ☒ Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees): ?
 Site Longitude (degrees): ?
 Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.6
 1 Sec Spectral Accel, S1: 0.3
 Long Period Transition Period: 0

Site Class: E
 Site Coefficient, Fa: 1.5
 Site Coefficient, Fv: 2.8

Calculated Values for Response Spectrum Curve
 SDS = (2/3) * Fa * Ss: 0.6
 SD1 = (2/3) * Fv * S1: 0.56

Define Function

Period	Acceleration
0	0.24
0.1867	0.6
0.3333	0.6
1.2	0.4667
1.4	0.4
1.6	0.35
1.8	0.3111
2	0.28
2.5	0.224

Function Graph

Display Graph [3.894 , 0.1442]

Buttons: Convert to User Defined, OK, Cancel

Gambar 4.23 Respons spektrum beban gempa

4.3 Analisa Struktur

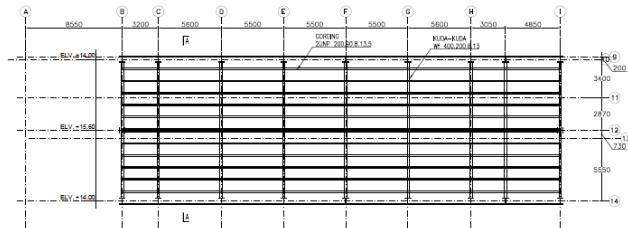
Analisa struktur dibedakan menjadi dua, yaitu *upperstructure* (bangunan atas) dan *substructure* (bangunan bawah).

4.3.1 Desain Upperstructure

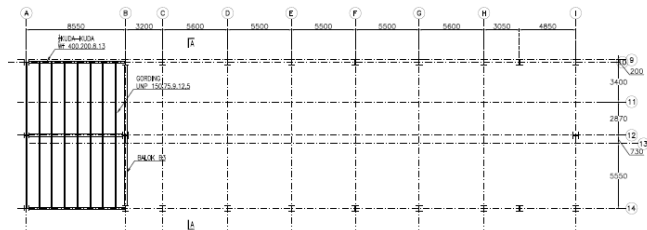
Merupakan bangunan atas rumah pompa PLTU pangkalan susu yang didesain menggunakan rangka baja yang terdiri dari struktur atap meliputi kuda-kuda dan gording, balok, dan kolom. Analisa rangka baja dihitung menggunakan SAP2000 yang ditunjukkan dengan rasio tegangan (*stress ratio*). Berikut merupakan profil yang digunakan.

- Gording → UNP 150.75.9.12,5
- Kuda-kuda → Wf 400.200.8.13
- Balok Wf1 → Wf 500.200.10.16 (tidur)

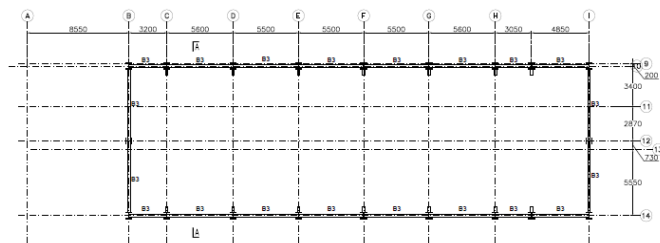
- Balok Wf2 → Wf 500.200.10.16(berdiri)
- Balok *crane* → Wf 700. 300.13.24
- Kolom Hb1 → Hb 500.500.12.16
Hb2 → Hb 400.400.12.16



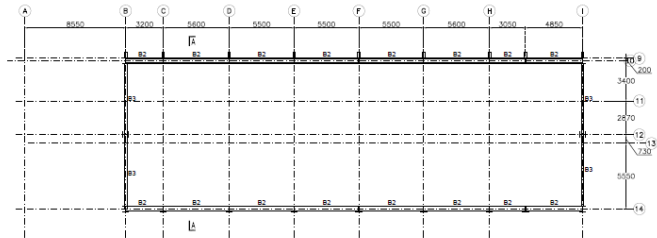
Gambar 4.24 Denah atap elv. +14.75 sampai +16.35



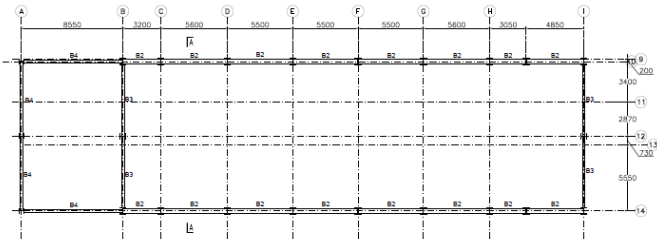
Gambar 4.25 Denah atap elv. +6.45 sampai +8.75



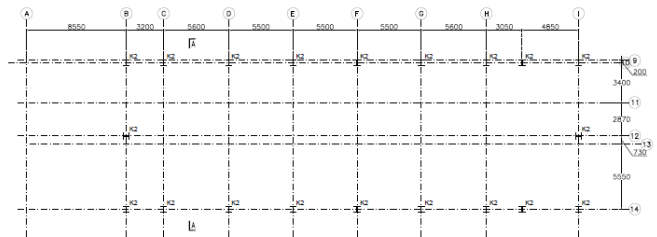
Gambar 4.26 Denah balok elv. +11.75



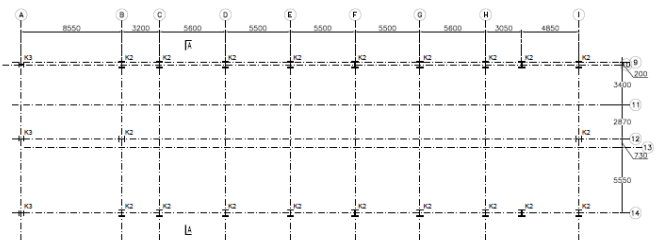
Gambar 4.27 Denah balok elv. +8.75



Gambar 4.28 Denah balok elv. +4.75

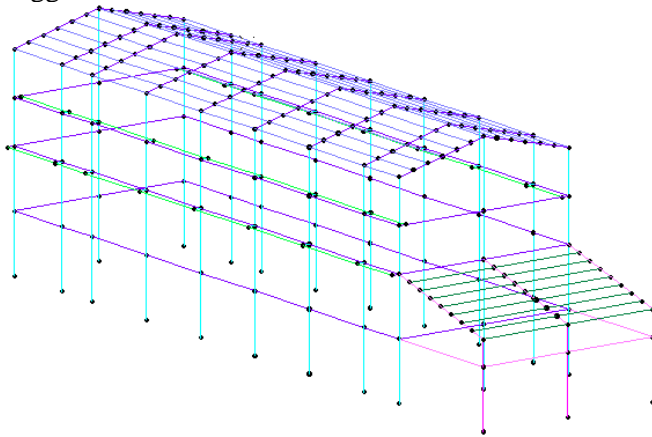


Gambar 4.29 Denah kolom elv. +6.45 sampai +14.75

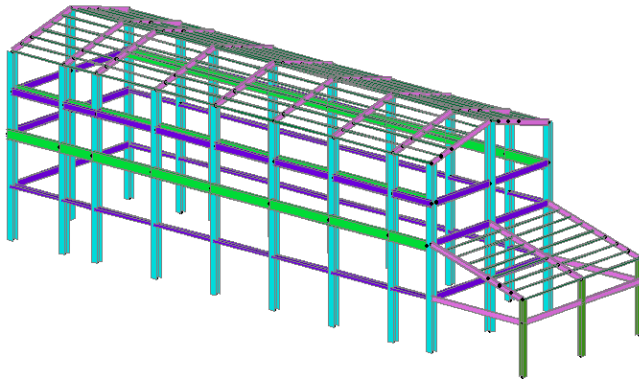


Gambar 4.30 Denah kolom elv. +0.75 sampai +6.45

Berikut permodelan dan hasil analisa dari *upperstructure* menggunakan SAP2000.



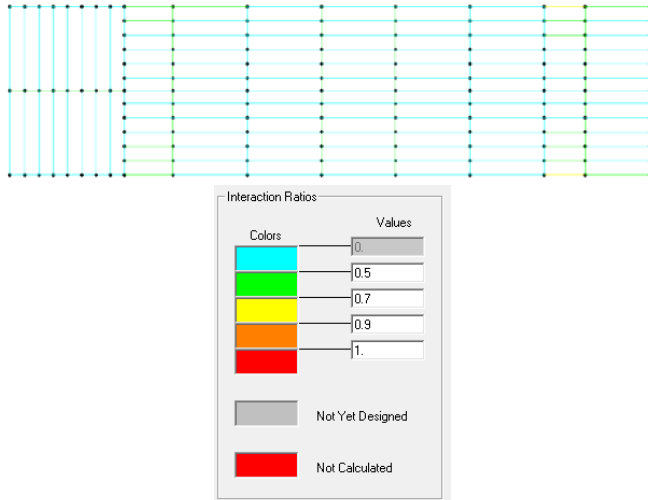
Gambar 4.31 Permodelan *upperstructure*



Gambar 4.32 3D permodelan *upperstructure*

a. Analisa gording

Berikut *stress ratio* yang terjadi pada gording UNP 150.75.9.12,5 berdasarkan output SAP2000.



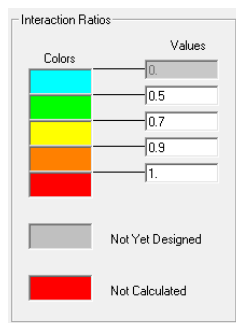
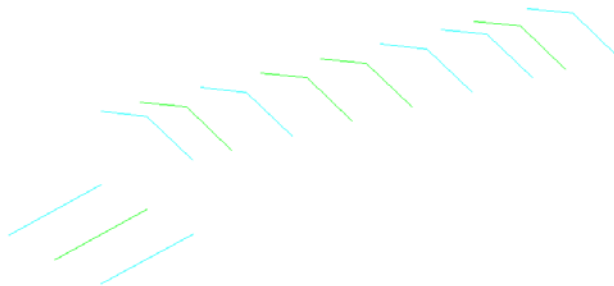
Gambar 4.33 *Stress ratio gording*

File										Units N, mm, C	
Frame	: 113	Design Sect: UHP 150.75.9.12.5									

Gambar 4.34 Analisa gording

b. Analisa kuda-kuda

Berikut *stress ratio* yang terjadi pada kuda-kuda Wf 400.200.8.13 berdasarkan output SAP2000.



Gambar 4.35 Stress ratio kuda-kuda

Steel Stress Check Data AISI-LRFD93

File

Frame : 100 Design Sect: WF 400.200.8.13 Units [Kgf, m, C]

X Mid : -2.413 Design Type: Brace

Y Mid : 10.050 Frame Type: Moment Resisting Frame

Z Mid : 16.000 Sect Class: Seismic

Length : 6.476 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3

Loc : 0.000 RLF : 1.000

Area : 0.000 SxMajor : 0.001 rxMajor : 0.167 A0xMajor : 0.003

IxMajor : 2.296E-04 SxMinor : 1.735E-04 rxMinor : 0.046 A0xMinor : 0.004

IyMinor : 1.725E-05 SyMajor : 0.001 ryMajor : 2.809E-02 A0yMajor : 0.004

Iy : 0.000 SyMinor : 2.660E-04 ryMinor : 0.001 A0yMinor : 0.004

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Hu33	Hu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-1868.694	2998.588	-2809.487	-568.075	1677.082	-20.382

MINI DESIGN/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-th)	Total Ratio	P Ratio	HuMajor Ratio	HuMinor Ratio	Limit	Status
	0.682	0.006	0.186	0.890	1.000	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-1868.694	157928.286	180035.925

MOMENT DESIGN

	Hu Moment	phi*Mn Capacity	Cn Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	lambda Factor	Ch
Major Moment	2998.588	28294.211	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	1.205
Minor Moment	-2809.487	5731.998	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	0.178

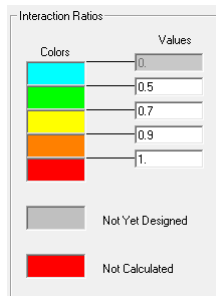
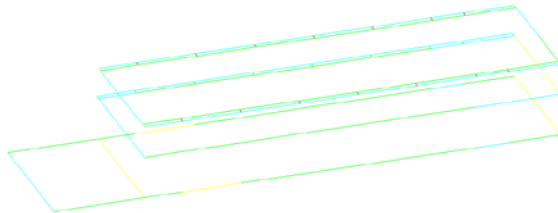
SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Yorsion
Major Shear	568.075	82289.678	0.013	OK	0.000
Minor Shear	2153.083	57267.261	0.038	OK	0.000

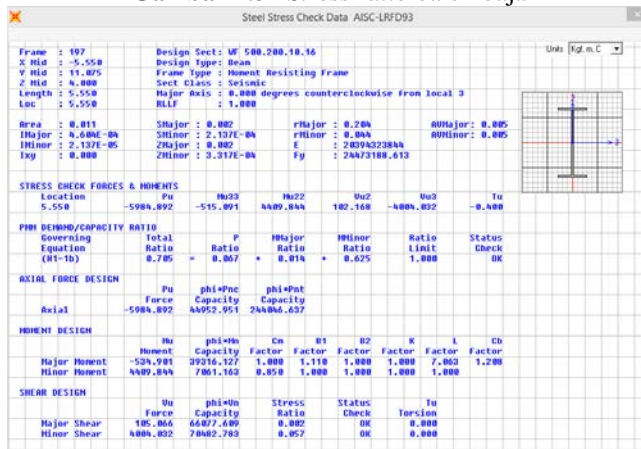
Gambar 4.36 Analisa kuda-kuda

c. Analisa balok

Berikut *stress ratio* yang terjadi pada balok Wf 500.200.10.16 dan balok crane WF 700.300.13.24 berdasarkan output SAP2000.



Gambar 4.37 *Stress ratio* balok baja



Gambar 4.38 Analisa balok Wf1

Steel Stress Check Data: AISC-LRFD93

Units: [kg, m, C]

Frame : 14
 X Mid : 3.863
 Y Mid : -21.758
 Z Mid : 0.000
 Length : 6.275
 Loc : 6.275

Design Sect: WF 500.200.18.16
 Design Type: Beam
 Frame Type: Moment Resisting Frame
 Sect Class: Seismic
 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 RLF : 1.000

Area : 0.011
 S_{Major} : 0.002
 S_{Minor} : 2.137E-04
 I_{Major} : 4.686E-04
 I_{Minor} : 2.137E-05
 I_y : 0.000

r_{Major} : 0.204
 r_{Minor} : 0.364
 I : 28094328AA
 F_y : 24473188.613

ROH_{Major} : 0.005
 ROH_{Minor} : 0.005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Mu12	Mu13	Tu
6.275	672.925	-8105.582	747.589	4581.738	-165.662	0.955

PBM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-Hb)	Total Ratio	P Ratio	M _{Major} Ratio	M _{Minor} Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.764	0.001	0.657	0.186	1.000	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	672.925	2808.6.678	24406.637

MOMENT DESIGN

	Mu	phi*Mn	Cm	B1	B2	K	L	Cb
Major Moment	-8105.582	12332.651	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Moment	747.589	7881.163	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	4581.738	66877.409	0.069	OK	0.000
Minor Shear	165.662	78882.783	0.002	OK	0.000

Gambar 4.39 Analisa balok Wf2

Steel Stress Check Data: AISC-LRFD93

Units: [kg, m, C]

Frame : 549
 X Mid : -5.850
 Y Mid : -5.525
 Z Mid : 11.000
 Length : 5.550
 Loc : 0.000

Design Sect: WF 700.300.13.24
 Design Type: Beam
 Frame Type: Moment Resisting Frame
 Sect Class: Compact
 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 RLF : 1.000

Area : 0.023
 S_{Major} : 0.006
 S_{Minor} : 7.206E-04
 I_{Major} : 1.881E-04
 I_{Minor} : 1.881E-04
 I_y : 0.000

r_{Major} : 0.292
 r_{Minor} : 0.869
 I : 28094328AA
 F_y : 24473188.613

ROH_{Major} : 0.009
 ROH_{Minor} : 0.012

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Mu12	Mu13	Tu
0.000	0.000	-38216.574	1913.877	1814.000	-416.584	-19.679

PBM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-Hb)	Total Ratio	P Ratio	M _{Major} Ratio	M _{Minor} Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.388	0.000	0.228	0.000	1.000	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	0.000	341548.127	505863.766

MOMENT DESIGN

	Mu	phi*Mn	Cm	B1	B2	K	L	Cb
Major Moment	-38216.574	127636.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.556
Minor Moment	1913.877	22814.222	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

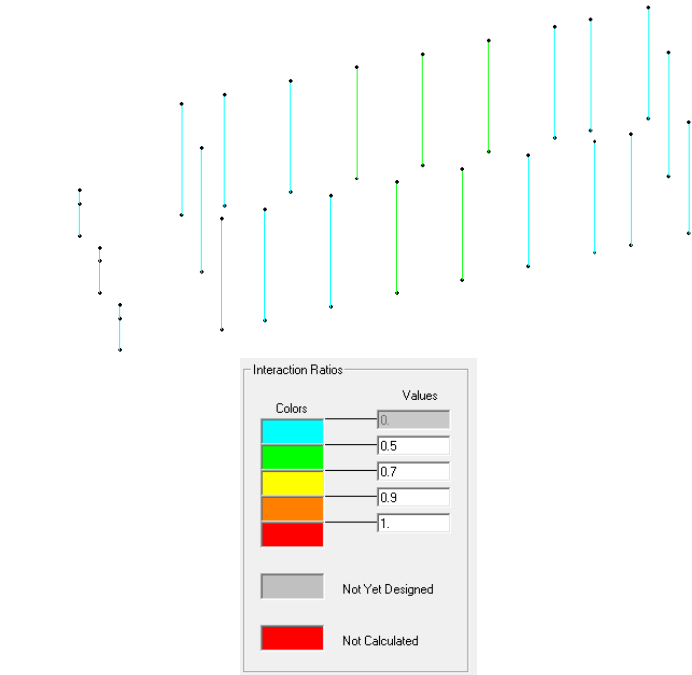
SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	78538.324	128061.249	0.653	OK	0.000
Minor Shear	408.963	158586.262	0.003	OK	0.000

Gambar 4.40 Analisa balok crane

d. Analisa kolom

Berikut *stress ratio* yang terjadi pada kolom H-beam 500.500.12.16 dan H-beam 400.400.12.16 berdasarkan output SAP2000.



Gambar 4.41 Stress ratio kolom baja

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

Frame : 208 Design Sect: Hb 500.500.12.16
 X Mid : -5.550 Design Type: Column
 Y Mid : 2.750 Frame Type: Homent Resisting Frame
 Z Mid : 7.000 Sect Class: Non-Compact
 Length : 14.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0.000 R11 : 1.000

Area : 0.022 SxMajor : 0.006 rxMajor : 0.219 SxMinor : 0.006
 IxMajor : 0.001 SxMinor : 0.001 rxMinor : 0.124 SxMinor : 0.013
 IxMinor : 3.334E-04 ZxMajor : 0.005 E : 28394323844
 Ixy : 0.000 ZxMinor : 0.002 Fy : 244/2186.613

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	-26916.364	-34849.934	-2813.286	-4568.813	-792.169	-1.764

PHI DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equations (H1-Hb)	Ratio	P	MxMajor	MxMinor	Ratio	Status
0.502	=	0.034	0.399	0.069	1.000	OK

AXIAL FORCE DESIGN

Axial	Pu force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-26916.364	395635.286	476111.281

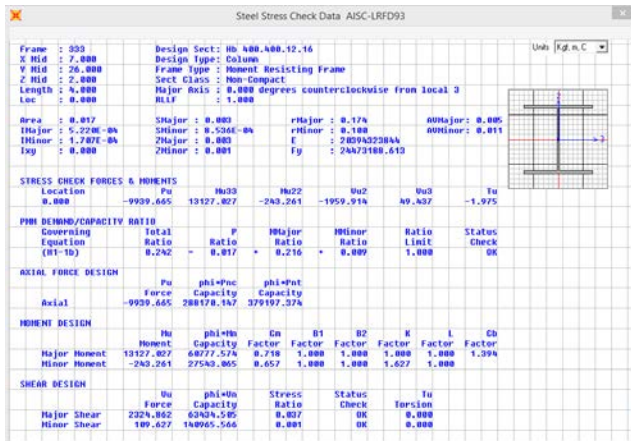
MOMENT DESIGN

	Mu	phi*Mn	Cn	B1	B2	K	L	Cb
Major Moment	-34849.934	87654.236	0.050	1.000	1.000	0.786	2.168	
Minor Moment	-2813.286	48551.865	0.050	1.000	1.000	0.786		

SHEAR DESIGN

	Uu	phi*Vn	Stress Ratio	Status	Tu
Major Shear	4568.813	79292.131	0.058	OK	0.000
Minor Shear	792.169	176286.958	0.004	OK	0.000

Gambar 4.42 Analisa kolom Hb1



Gambar 4.43 Analisa kolom Hb2

e. Desain sambungan antar kuda-kuda

Spesifikasi Baut

ASTM A307

Diameter baut	db	=	14 mm
Luas penampang baut	Ab	=	1.54 cm ²
Tegangan nominal baut	Fn	=	310 Mpa
		=	3100.00 kg/cm ²
			(tabel J3.2, SNI BAJA 2015)

Tegangan leleh baut	Fy	=	2400.00 kg/cm ²
Tegangan dasar baut	Fa/σ _{ds}	=	1600.00 kg/cm ²

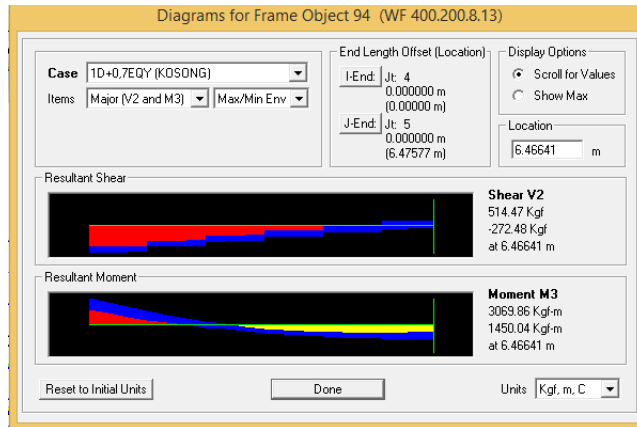
Spesifikasi Pelat

BJ-37

Tegangan leleh pelat	σ ₁	=	2400 kg/cm ²
Tegangan dasar pelat	σ _p	=	1600 kg/cm ²
Tebal pelat	s ₂	=	1 cm
Tebal profil	s ₁	=	1 cm

Reaksi yang terjadi

V	M3
Kgf	Kgf-m
514.50	3069.9



Gambar 4.44 Reaksi yang terjadi antar kuda-kuda

Kekuatan Baut

$$\begin{aligned} \text{Tegangan geser ijin} \quad \tau_{ijin} &= 0.6 \times \sigma_{ds} \\ &= 960.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik ijin} \quad \sigma_{ta} &= 0.7 \times \sigma_{ds} \\ &= 1120.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kombinasi tegangan tar } \sigma_i = \sqrt{(\sigma^2 + 1.56 \tau^2)} \leq \sigma_b$$

$$\begin{aligned} \text{dan tegangan geser} &= 1640.76 \text{ kg/cm}^2 \geq 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_i &= 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tumpu ijin} \quad \sigma_{tu} &= 1.2 \times \sigma \quad \text{untuk } e1 = 1.5 d \\ &= 1920 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya pikul geser tarik ijin} \quad N_g &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \tau \\ &= 1477.81 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya pikul tumpuan ijin} \quad N_{tp} &= d \times s_2 \times \sigma_{tp} \quad ; \text{ bila } s_2 = s_1 \\ &= 2688 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } N_g > N_{tp} \quad N = 1477.81 \text{ kg}$$

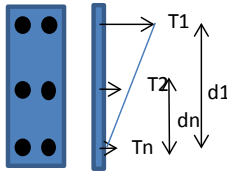
Kebutuhan Baut Akibat P

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} \quad n &= P / N \\ &= 0.35 \text{ buah} \approx 1.00 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kebutuhan Baut Akibat M

direncanakan

n = 12 baut



d1 = 500 mm

d2 = 400 mm

d3 = 300 mm

d4 = 200 mm

d5 = 100 mm

$$T_{\max} = M \cdot d1 / \sum (dn^2)$$

$$T_{\max} = 2790.81818 \text{ kg}$$

$$\tau_{\text{terjadi}} = 27.852 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{ta terjadi}} = 906.475 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{i terjadi}} = 907.146 \text{ kg/cm}^2 < 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

f. Desain sambungan antara kuda-kuda dengan kolom

Spesifikasi Baut

ASTM A307

Diameter baut db = 14 mm

Luas penampang baut Ab = 1.54 cm²

Tegangan nominal baut Fn = 310 Mpa

= 3100.00 kg/cm²

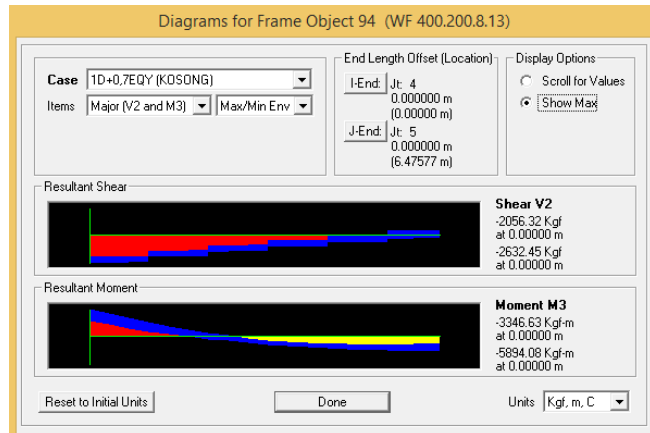
(tabel J3.2, SNI BAJA 2015)

Tegangan leleh baut Fy = 2400.00 kg/cm²Tegangan dasar baut Fa/σ_{ds} = 1600.00 kg/cm²**Spesifikasi Pelat**

BJ-37

Tegangan leleh pelat σ₁ = 2400 kg/cm²Tegangan dasar pelat σ_p = 1600 kg/cm²Tebal pelat s₂ = 1 cmTebal profil s₁ = 1 cm**Reaksi yang terjadi**

V	M3
Kgf	Kgf-m
2632.00	5894.1



Gambar 4.45 Reaksi yang terjadi antara kuda-kuda dengan kolom

Kekuatan Baut

$$\begin{aligned}\text{Tegangan geser ijin} \quad \tau_{ijin} &= 0.6 \times \sigma_{ds} \\ &= 960.00 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tegangan tarik ijin} \quad \sigma_{ta} &= 0.7 \times \sigma_{ds} \\ &= 1120.00 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Kombinasi tegangan tarik } \sigma_i = \sqrt{(\sigma^2 + 1.56 \tau^2)} \leq \sigma_b$$

$$\begin{aligned}\text{dan tegangan geser} &= 1640.76 \text{ kg/cm}^2 \geq 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_i &= 1600.00 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

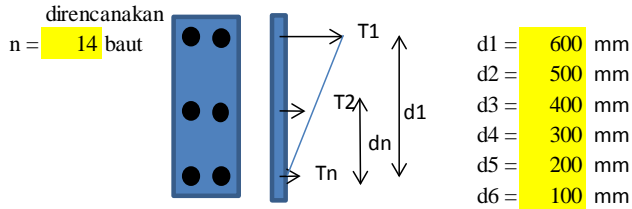
$$\begin{aligned}\text{Tegangan tumpu ijin} \quad \sigma_{tu} &= 1.2 \times \sigma \text{ untuk } e1 = 1.5 d \\ &= 1920 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gaya pikul geser tarik ijin } N_g &= \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \tau \\ &= 1477.81 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gaya pikul tumpuan ijin } N_t &= d \times s_2 \times \sigma_{tp} \quad ; \text{ bila } s_2 = s_1 \\ &= 2688 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } N_g > N_t \quad N = 1477.8052 \text{ kg}$$

Kebutuhan Baut Akibat M



$$T_{\max} = M.d1 / \sum(dn^2)$$

$$T_{\max} = 3886.2198 \text{ kg}$$

$$\tau_{\text{terjadi}} = 122.127 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{ta \text{ terjadi}} = 1262.268 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i \text{ terjadi} = 1271.509 \text{ kg/cm}^2 < 1600.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ ok}$$

4.3.2 Desain Substructure

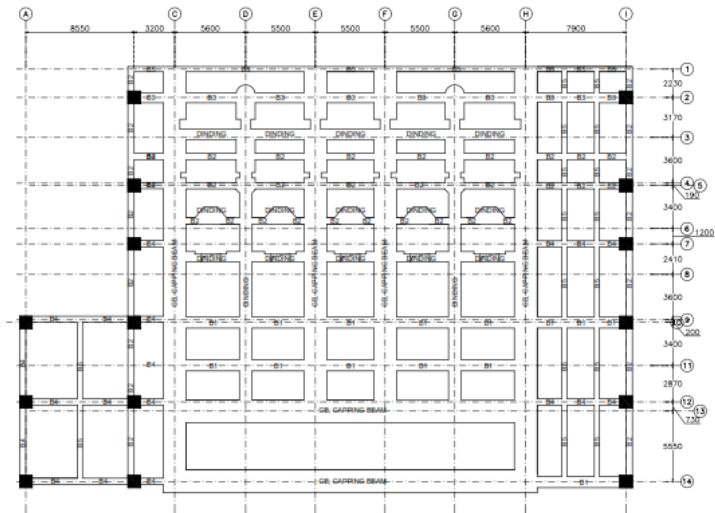
Merupakan bangunan bawah dari rumah pompa PLTU pangkalan susu yang didesain menggunakan struktur beton bertulang. Perencanaan struktur beton bertulang yang terdiri dari pelat, balok, kolom, dan dinding. Analisa struktur menggunakan bantuan program SAP 2000. Hasil *output* dari SAP2000 kemudian diolah menggunakan program *excel* hingga didapatkan tulangan perlu yang harus dipasang.

a. Desain balok

Pada desain rumah pompa memiliki beberapa tipe balok yang akan disebutkan pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Daftar Balok

KODE	DIMENSI (mm ²)	KODE	DIMENSI (mm ²)
B1	900 x 1500	B4	500 x 800
B2	500 x 800	B5	400 x 600
B3	800 x 1200	CB	1800 x 1500



Gambar 4.46 Denah balok elv. +0.75

Tabel 4.7 Perhitungan Tulangan Balok 900 x 1500

B1 900 X 1500		
Beton :	$f_c' = 35$	Mpa
Tulangan :	$f_y = 240$	Mpa (Plain <D13)
	$f_y = 400$	Mpa (Deform \geq D13)
cover	$d' = 100$	mm
Potongan	Tumpuan	Lapangan
b (mm)	900	900
h (mm)	1500	1500
<u>Tul. Atas</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	6111	1842
Penulangan	13 - D25	4 - D25
As Pasang (mm^2)	6381	1963
Cek	OK	OK
<u>Tul. Bawah</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	5267	4642
Penulangan	11 - D25	11 - D25
As Pasang (mm^2)	5400	5400
Cek	OK	OK
<u>Tul. Torsi</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	3283	3283
Penulangan	2x4 - D25	2x4 - D25
As Pasang (mm^2)	3927	3927
Cek	OK	OK
<u>Tul. Sengkang</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	1,30	0,83
Penulangan	2 x D13 - 150	2 x D13 - 300
As Pasang (mm^2/m)	1,77	0,88
S MaX (d/2 atau 600)	1374,50	1374,50
Cek	OK	OK

Tabel 4.8 Perhitungan Tulangan Balok 500 x 800

B2 500 X 800		
Beton :	$f_c' = 35$	Mpa
Tulangan :	$f_y = 240$	Mpa (Plain <D13)
	$f_y = 400$	Mpa (Deform \geq D13)
cover	$d' = 100$	mm
Potongan	Tumpuan	Lapangan
b (mm)	500	500
h (mm)	800	800
<u>Tul. Atas</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	4158	3057
Penulangan	9 - D25	7 - D25
As Pasang (mm^2)	4418	3436
Cek	OK	OK
<u>Tul. Bawah</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	2126	3335
Penulangan	5 - D25	7 - D25
As Pasang (mm^2)	2454	3436
Cek	OK	OK
<u>Tul. Torsi</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	1158	1466
Penulangan	2x2 - D25	2x2 - D25
As Pasang (mm^2)	1963	1963
Cek	OK	OK
<u>Tul. Sengkang</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	1,72	1,42
Penulangan	2 x D13 - 150	2 x D13 - 150
As Pasang (mm^2/m)	1,77	1,77
S MaX (d/2 atau 600)	1374,50	1374,50
Cek	OK	OK

Tabel 4.9 Perhitungan Tulangan Balok 800 x 1200

B3 800 X 1200		
Beton :	$f_c' = 35$	Mpa
Tulangan :	$f_y = 240$	Mpa (Plain < D13)
	$f_y = 400$	Mpa (Deform \geq D13)
cover	$d' = 100$	mm
Potongan	Tumpuan	Lapangan
b (mm)	800	800
h (mm)	1200	1200
<u>Tul. Atas</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	4042	3782
Penulangan	10 - D25	8 - D25
As Pasang (mm^2)	4909	3927
Cek	OK	OK
<u>Tul. Bawah</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	4444	4558
Penulangan	10 - D25	10 - D25
As Pasang (mm^2)	4909	4909
Cek	OK	OK
<u>Tul. Torsi</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	2320	2320
Penulangan	2x3 - D25	2x3 - D25
As Pasang (mm^2)	2945	2945
Cek	OK	OK
<u>Tul. Sengkang</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	1,70	1,02
Penulangan	2 x D13 - 125	2 x D13 - 250
As Pasang (mm^2/m)	2,12	1,06
S MaX (d/2 atau 600)	1374,50	1374,50
Cek	OK	OK

Tabel 4.10 Perhitungan Tulangan Balok 500 x 700

B4 500 X 700		
Beton :	$f_c' = 35$	Mpa
Tulangan :	$f_y = 240$	Mpa (Plain < D13)
	$f_y = 400$	Mpa (Deform \geq D13)
cover	$d' = 100$	mm
Potongan	Tumpuan	Lapangan
b (mm)	500	500
h (mm)	700	700
<u>Tul. Atas</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	2921	1570
Penulangan	7 - D25	4 - D25
As Pasang (mm^2)	3436	1963
Cek	OK	OK
<u>Tul. Bawah</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	2336	1827
Penulangan	5 - D25	4 - D25
As Pasang (mm^2)	2454	1963
Cek	OK	OK
<u>Tul. Torsi</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	1138	855
Penulangan	2x2 - D25	2x2 - D25
As Pasang (mm^2)	1963	1963
Cek	OK	OK
<u>Tul. Sengkan</u>		
As Perlu (mm^2) Output SAP	1,29	0,74
Penulangan	2 x D13 - 200	2 x D13 - 300
As Pasang (mm^2/m)	1,33	0,88
S MaX (d/2 atau 600)	1374,50	1374,50
Cek	OK	OK

Tabel 4.11 Perhitungan Tulangan Balok 400 x 600

B5 400 X 600		
Beton :	$f_c' = 35$	Mpa
Tulangan :	$f_y = 240$	Mpa (Plain < D13)
	$f_y = 400$	Mpa (Deform \geq D13)
cover	$d' = 100$	mm
Potongan	Tumpuan	Lapangan
b (mm)	400	400
h (mm)	600	600
<u>Tul. Atas</u> As Perlu (mm^2) Output SAP	1193	790
Penulangan	3 - D25	2 - D25
As Pasang (mm^2)	1473	982
Cek	OK	OK
<u>Tul. Bawah</u> As Perlu (mm^2) Output SAP	1035	897
Penulangan	3 - D25	2 - D25
As Pasang (mm^2)	1473	982
Cek	OK	OK
<u>Tul. Torsi</u> As Perlu (mm^2) Output SAP	595	595
Penulangan	2x1 - D25	2x1 - D25
As Pasang (mm^2)	982	982
Cek	OK	OK
<u>Tul. Sengkang</u> As Perlu (mm^2) Output SAP	0,56	0,71
Penulangan	2 x D13 - 300	2 x D13 - 300
As Pasang (mm^2/m)	0,88	0,88
S MaX (d/2 atau 600)	1374,50	1374,50
Cek	OK	OK

Tabel 4.12 Perhitungan Tulangan Capping Beam

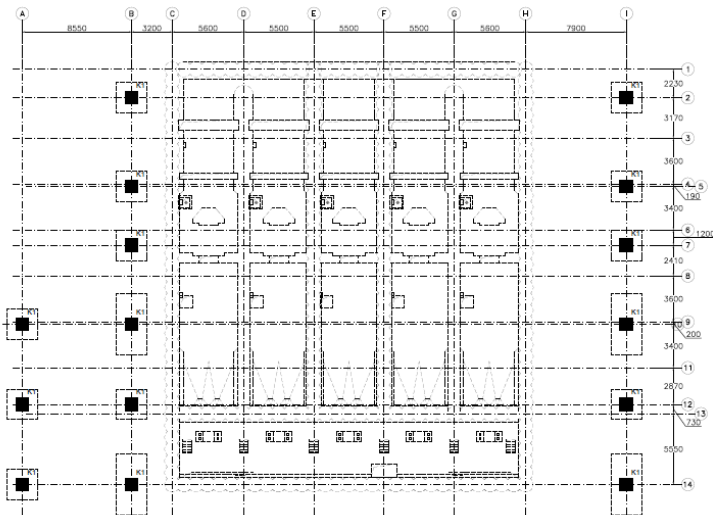
CB 1800 X 1500	
Beton :	$f_c' = 35$ Mpa
Tulangan :	$f_y = 240$ Mpa (Plain < D13)
	$f_y = 400$ Mpa (Deform \geq D13)
cover	$d' = 100$ mm
Potongan	Tumpuan - Lapangan
b (mm)	1800
h (mm)	1500
<u>Tul. Atas</u>	
As Perlu (mm^2) Output SAP	5381
Penulangan	11 - D25
As Pasang (mm^2)	5400
Cek	OK
<u>Tul. Bawah</u>	
As Perlu (mm^2) Output SAP	4646
Penulangan	11 - D25
As Pasang (mm^2)	5400
Cek	OK
<u>Tul. Torsi</u>	
As Perlu (mm^2) Output SAP	5868
Penulangan	2x6 - D25
As Pasang (mm^2)	5890
Cek	OK
<u>Tul. Senggang</u>	
As Perlu (mm^2) Output SAP	2,39
Penulangan	3 x D13 - 150
As Pasang (mm^2/m)	2,65
S MaX (d/2 atau 600)	1374,50
Cek	OK

b. Desain Kolom

Pada desain rumah pompa memiliki beberapa tipe dinding yang akan disebutkan pada tabel berikut.

Tabel 4.13 Daftar dinding

KODE	DIMENSI (mm ²)
K1	1000x1000



Gambar 4.47 Denah kolom elv. -1.25 sampai +0.75

Tabel 4.14 Perhitungan tulangan kolom K1

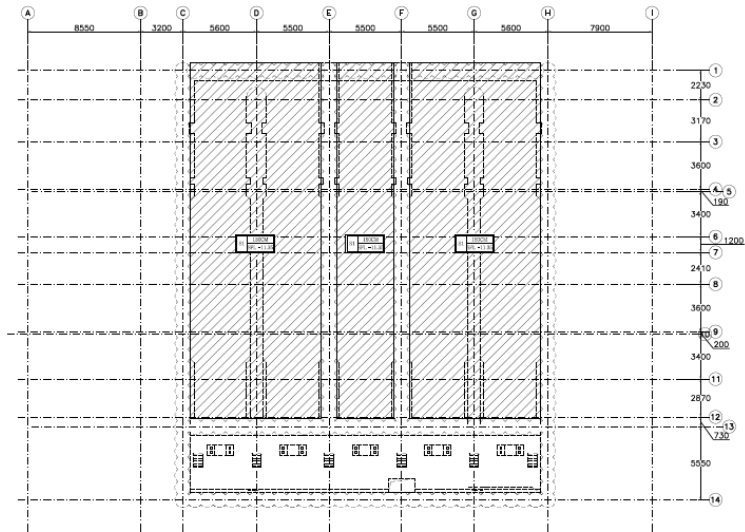
K 1000 X 1000	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain < D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform \geq D13) cover = 100 mm	
b (mm)	1000
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	10000
Sap	
Penulangan	24 D25
As Pasang (mm^2)	11781
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	0,891
Sap	
Penulangan	2xD13 -250
As Pasang (mm^2)	1,06
Cek	OK

d. Desain Pelat

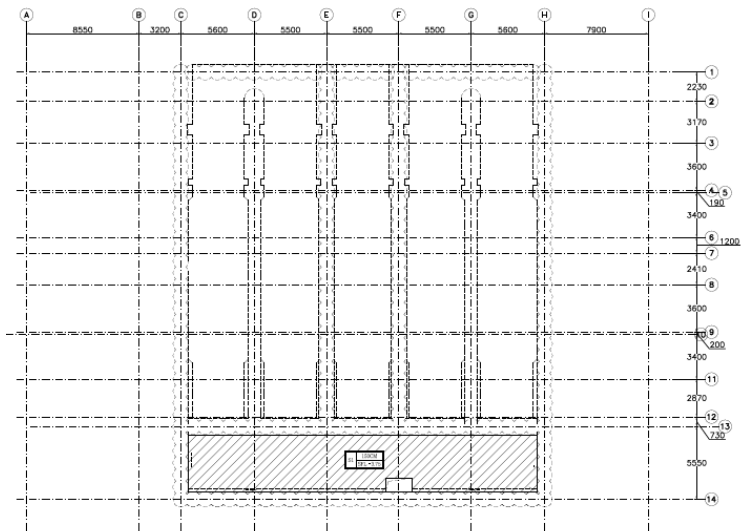
Pada desain rumah pompa memiliki beberapa tipe pelat yang akan disebutkan pada tabel berikut.

Tabel 4.15 Daftar pelat

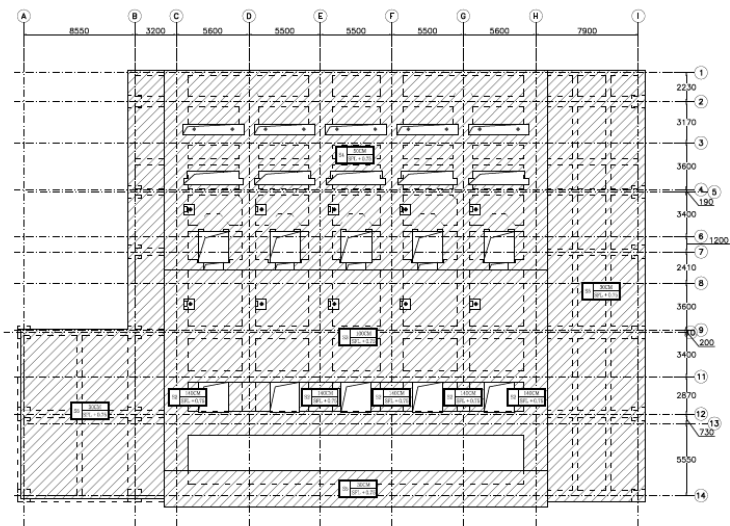
KODE	DIMENSI (mm)
S1	t = 1500
S2	t = 300
S3	t = 500
S4	t = 1000



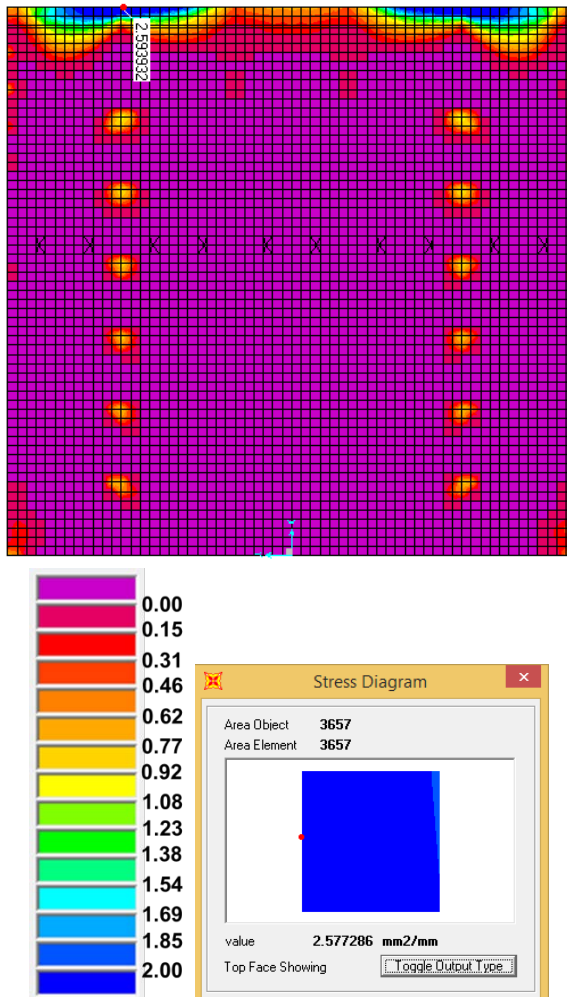
Gambar 4.48 Denah lantai dasar elv. -11.35



Gambar 4.49 Denah lantai dasar elv. -3.75



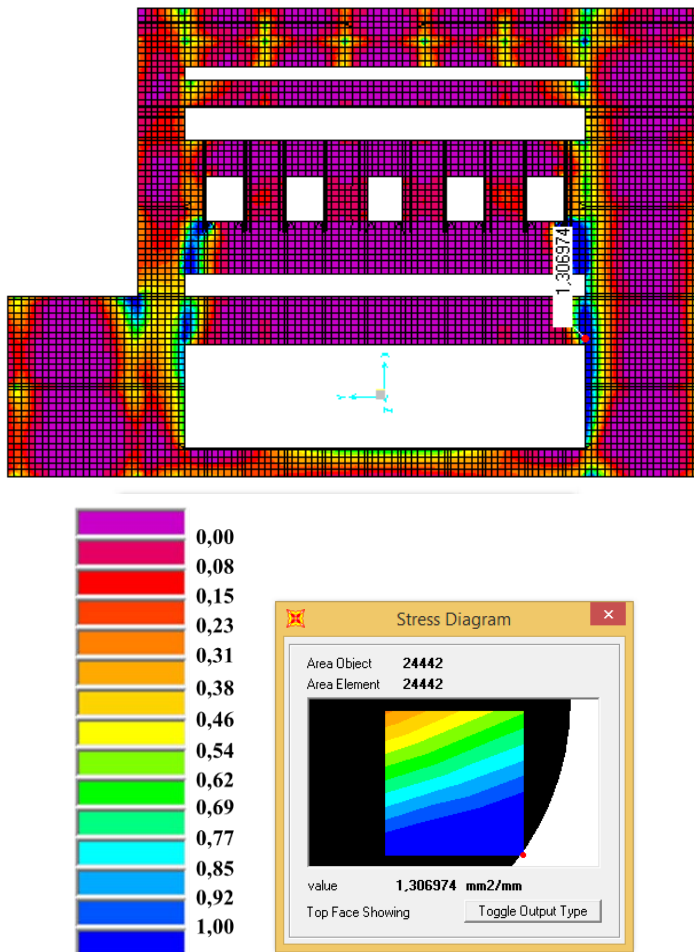
Gambar 4.50 Denah pelat lantai elv. +0.75



Gambar 4.51 Hasil *output* SAP2000 pelat lantai dasar S1 (dalam satuan mm2/mm)

Tabel 4.16 Perhitungan tulangan pelat lantai dasar S1

Pelat Lantai Dasar	
Beton :	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$
Tulangan :	$f_y = 240 \text{ Mpa}$ (Plain < D13)
	$f_y = 400 \text{ Mpa}$ (Deform > D13)
cover =	50 mm
t (mm)	= 1500
Keterangan	Tulangan
	Melintang
<u>Ast (mm²/mm)</u>	2.58
As Perlu (mm ² /m)	2580
Penulangan	1 x D19
Jarak (mm)	100
As Pasang (mm ²)	2835.287
Cek	OK



Gambar 4.52 Hasil *output* SAP2000 pelat lantai S2, S3, dan S4 (dalam satuan mm2/mm)

Tabel 4.17 Perhitungan tulangan pelat lantai S2, S3, dan S4

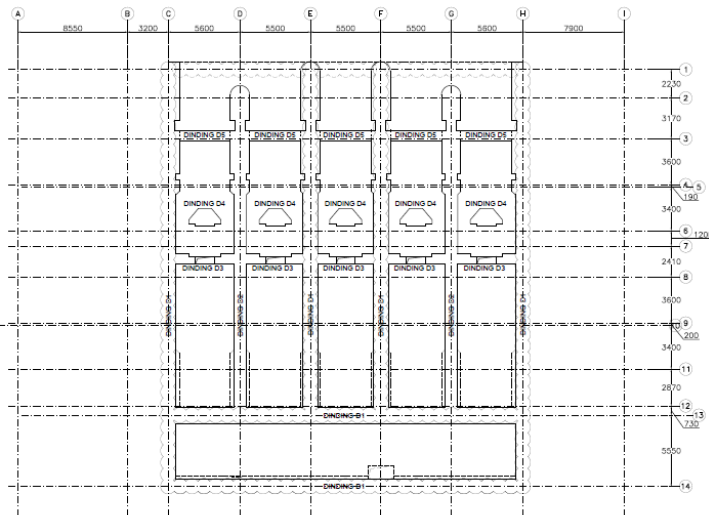
Pelat Lantai		
Beton :	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$	
Tulangan :	$f_y = 240 \text{ Mpa}$ (Plain < D13)	
	$f_y = 400 \text{ Mpa}$ (Deform \geq D13)	
cover =	50 mm	
t (mm) =	300, 500, dan 1000	
	Tulangan	
	Tul. Atas	Tul. Bawah
<u>Ast-1 (mm²/mm)</u>	1,31	1,31
As Perlu (mm ² /m)	1310	1310
Penulangan	1 x D16	1 x D16
Jarak (mm)	150	150
As Pasang (mm ²)	1340,413	1340,413
Cek	OK	OK
	Tulangan	
	Tul. Atas	Tul. Bawah
<u>Ast-2 (mm²/mm)</u>	1,31	1,31
As Perlu (mm ² /m)	1310	1310
Penulangan	1 x D16	1 x D16
Jarak (mm)	150	150
As Pasang (mm ²)	1340,413	1340,413
Cek	OK	OK

f. Desain Dinding

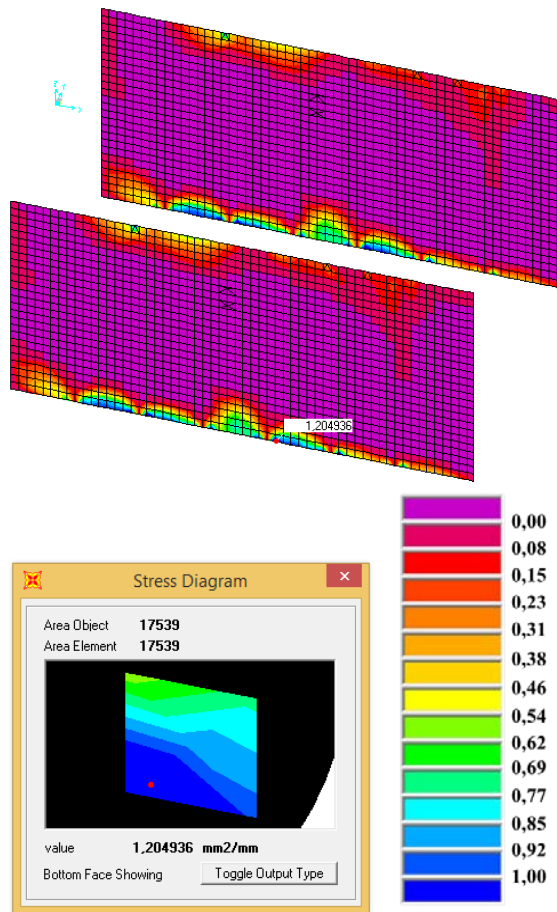
Pada desain rumah pompa memiliki beberapa tipe dinding yang akan disebutkan pada tabel berikut.

Tabel 4.18 Daftar dinding

KODE	DIMENSI (mm)
D1	Dinding <i>secant pile</i>
D2	t = 1000
D3	t = 800
D4	t = 800
D5	t = 1400



Gambar 4.53 Denah dinding



Gambar 4.54 Hasil *output* SAP2000 pelat dinding (dalam satuan mm2/mm)

Tabel 4.19 Perhitungan tulangan pelat lantai S2, S3, dan S4

Dinding	
Beton :	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$
Tulangan :	$f_y = 240 \text{ Mpa}$ (Plain <D13)
	$f_y = 400 \text{ Mpa}$ (Deform > D13)
cover =	50 mm
t (mm)	= 1250
Keterangan	Tulangan
	Tul. Vertikal
<u>Ast-1 (mm²/mm)</u>	1.2049
As Perlu (mm ² /m)	1205
Penulangan	1 x D16
Jarak (mm)	150
As Pasang (mm ²)	1340.413
Cek	OK
Keterangan	Tulangan
	Tul. Horizontal
<u>Ast-2 (mm²/mm)</u>	0.67
As Perlu (mm ² /m)	670
Penulangan	1 x D13
Jarak (mm)	150
As Pasang (mm ²)	884.882
Cek	OK

4.4 Analisa Pondasi

4.4.1 Material Pondasi

Digunakan pondasi *bore pile* dengan Ø800mm dan Ø1200mm dengan mutu $f_c' = 35$ MPa dan *secant pile* Ø1200mm yang juga berfungsi sebagai dinding *box* dengan mutu $f_c' = 35$ MPa.

4.4.2 Konstanta Pegas

Merupakan permodelan parameter tanah pada tiang pondasi (*bore pile* dan *secant pile*) dalam software SAP2000. Berikut merupakan besaran konstanta pegas.

Tabel 4.20 Kontanta pegas Ø800mm

Depth (m)	N SPT	Eo = 28N	0.80 m	D = 0.80m y = 1.00cm	D = 0.80m	D = 0.80m
			ko = 0,2. Eo.D ^{-0.75}	k = ko.y ^{-0.5}	kx=ky= k D.dz	kx=ky
			kg/cm2	kg/cm3	kg/cm	t/m
0.00	0.00					
-1.00	2.00	56.00	0.42	0.42	3349.58	334.96
-2.00	3.00	84.00	0.63	0.63	5024.37	502.44
-3.00	3.00	84.00	0.63	0.63	5024.37	502.44
-4.00	3.00	84.00	0.63	0.63	5024.37	502.44
-5.00	4.00	112.00	0.84	0.84	6699.16	669.92
-6.00	4.00	112.00	0.84	0.84	6699.16	669.92
-7.00	4.00	112.00	0.84	0.84	6699.16	669.92
-8.00	5.00	140.00	1.05	1.05	8373.95	837.40
-9.00	5.00	140.00	1.05	1.05	8373.95	837.40
-10.00	5.00	140.00	1.05	1.05	8373.95	837.40
-11.00	5.00	140.00	1.05	1.05	8373.95	837.40
-12.00	5.00	140.00	1.05	1.05	8373.95	837.40
-13.00	6.00	168.00	1.26	1.26	10048.74	1004.87
-14.00	7.00	196.00	1.47	1.47	11723.53	1172.35
-15.00	7.00	196.00	1.47	1.47	11723.53	1172.35
-16.00	8.00	224.00	1.67	1.67	13398.33	1339.83
-17.00	8.00	224.00	1.67	1.67	13398.33	1339.83
-18.00	9.00	252.00	1.88	1.88	15073.12	1507.31
-19.00	10.00	280.00	2.09	2.09	16747.91	1674.79
-20.00	10.00	280.00	2.09	2.09	16747.91	1674.79
-21.00	10.00	280.00	2.09	2.09	16747.91	1674.79
-22.00	11.00	308.00	2.30	2.30	18422.70	1842.27
-23.00	12.00	336.00	2.51	2.51	20097.49	2009.75
-24.00	12.00	336.00	2.51	2.51	20097.49	2009.75
-25.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-26.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-27.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23

Tabel 4.21 Kontanta pegas Ø800mm (lanjutan)

Depth (m)	N SPT	Eo = 28N kg/cm2	0.80 m	D = 0.80m y = 1.00cm	D = 0.80m	D = 0.80m
			ko = 0,2. Eo.D ^{-0.75}	k = ko.y ^{-0.5}	kx=ky= k D.dz	kx=ky
			kg/cm3	kg/cm3	kg/cm	t/m
-28.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-29.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-30.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-31.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-32.00	13.00	364.00	2.72	2.72	21772.28	2177.23
-33.00	18.00	504.00	3.77	3.77	30146.23	3014.62
-34.00	22.00	616.00	4.61	4.61	36845.39	3684.54
-35.00	23.00	644.00	4.82	4.82	38520.18	3852.02
-36.00	23.00	644.00	4.82	4.82	38520.18	3852.02
-37.00	25.00	700.00	5.23	5.23	41869.77	4186.98
-38.00	26.00	728.00	5.44	5.44	43544.56	4354.46
-39.00	28.00	784.00	5.86	5.86	46894.14	4689.41
-40.00	29.00	812.00	6.07	6.07	48568.93	4856.89
-41.00	30.00	840.00	6.28	6.28	50243.72	5024.37
-42.00	30.00	840.00	6.28	6.28	50243.72	5024.37
-43.00	31.00	868.00	6.49	6.49	51918.51	5191.85
-44.00	32.00	896.00	6.70	6.70	53593.30	5359.33
-45.00	33.00	924.00	6.91	6.91	55268.09	5526.81
-46.00	33.00	924.00	6.91	6.91	55268.09	5526.81
-47.00	52.00	1456.00	10.89	10.89	87089.11	8708.91
-48.00	71.00	1988.00	14.86	14.86	118910.14	11891.01
-49.00	66.00	1848.00	13.82	13.82	110536.18	11053.62
-50.00	61.00	1708.00	12.77	12.77	102162.23	10216.22
-51.00	58.00	1624.00	12.14	12.14	97137.86	9713.79
-52.00	54.00	1512.00	11.30	11.30	90438.69	9043.87
-53.00	61.00	1708.00	12.77	12.77	102162.23	10216.22

Tabel 4.22 Kontanta pegas Ø1200mm

Depth (m)	N SPT	Eo = 28N kg/cm2	1.20 m	D = 1.20m y = 1.00cm	D = 1.20m	D = 1.20m
			ko = 0,2. Eo.D ^{-0.75}	k = ko.y ^{-0.5}	kx=ky= k D.dz	kx=ky
			kg/cm3	kg/cm3	kg/cm	t/m
0.00	0.00					
-1.00	2.00	56.00	0.31	0.31	3706.92	370.69
-2.00	3.00	84.00	0.46	0.46	5560.38	556.04
-3.00	3.00	84.00	0.46	0.46	5560.38	556.04
-4.00	3.00	84.00	0.46	0.46	5560.38	556.04
-5.00	4.00	112.00	0.62	0.62	7413.84	741.38
-6.00	4.00	112.00	0.62	0.62	7413.84	741.38
-7.00	4.00	112.00	0.62	0.62	7413.84	741.38
-8.00	5.00	140.00	0.77	0.77	9267.30	926.73
-9.00	5.00	140.00	0.77	0.77	9267.30	926.73
-10.00	5.00	140.00	0.77	0.77	9267.30	926.73
-11.00	5.00	140.00	0.77	0.77	9267.30	926.73

Tabel 4.23 Kontanta pegas Ø1200mm (lanjutan)

Depth (m)	N SPT	Eo = 28N kg/cm ²	1.20 m	D = 1.20m y = 1.00cm	D = 1.20m	D = 1.20m
			ko = 0,2. Eo.D ^{0.75}	k = ko.y ^{-0.5}	kx=ky= k D.dz	kx=ky
			kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm	t/m
-12.00	5.00	140.00	0.77	0.77	9267.30	926.73
-13.00	6.00	168.00	0.93	0.93	11120.76	1112.08
-14.00	7.00	196.00	1.08	1.08	12974.22	1297.42
-15.00	7.00	196.00	1.08	1.08	12974.22	1297.42
-16.00	8.00	224.00	1.24	1.24	14827.68	1482.77
-17.00	8.00	224.00	1.24	1.24	14827.68	1482.77
-18.00	9.00	252.00	1.39	1.39	16681.14	1668.11
-19.00	10.00	280.00	1.54	1.54	18534.61	1853.46
-20.00	10.00	280.00	1.54	1.54	18534.61	1853.46
-21.00	10.00	280.00	1.54	1.54	18534.61	1853.46
-22.00	11.00	308.00	1.70	1.70	20388.07	2038.81
-23.00	12.00	336.00	1.85	1.85	22241.53	2224.15
-24.00	12.00	336.00	1.85	1.85	22241.53	2224.15
-25.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-26.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-27.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-28.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-29.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-30.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-31.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-32.00	13.00	364.00	2.01	2.01	24094.99	2409.50
-33.00	18.00	504.00	2.78	2.78	33362.29	3336.23
-34.00	22.00	616.00	3.40	3.40	40776.13	4077.61
-35.00	23.00	644.00	3.55	3.55	42629.59	4262.96
-36.00	23.00	644.00	3.55	3.55	42629.59	4262.96
-37.00	25.00	700.00	3.86	3.86	46336.51	4633.65
-38.00	26.00	728.00	4.02	4.02	48189.97	4819.00
-39.00	28.00	784.00	4.32	4.32	51896.89	5189.69
-40.00	29.00	812.00	4.48	4.48	53750.35	5375.04
-41.00	30.00	840.00	4.63	4.63	55603.82	5560.38
-42.00	30.00	840.00	4.63	4.63	55603.82	5560.38
-43.00	31.00	868.00	4.79	4.79	57457.28	5745.73
-44.00	32.00	896.00	4.94	4.94	59310.74	5931.07
-45.00	33.00	924.00	5.10	5.10	61164.20	6116.42
-46.00	33.00	924.00	5.10	5.10	61164.20	6116.42
-47.00	52.00	1456.00	8.03	8.03	96379.95	9637.99
-48.00	71.00	1988.00	10.97	10.97	131595.70	13159.57
-49.00	66.00	1848.00	10.19	10.19	122328.39	12232.84
-50.00	61.00	1708.00	9.42	9.42	113061.09	11306.11
-51.00	58.00	1624.00	8.96	8.96	107500.71	10750.07
-52.00	54.00	1512.00	8.34	8.34	100086.87	10008.69
-53.00	61.00	1708.00	9.42	9.42	113061.09	11306.11

4.4.3 Analisa Daya Dukung Pondasi

Daya dukung diperhitungkan berdasarkan data tanah BH-01.

A. Bore pile Ø800mm

➤ Data bore pile

1. Mutu beton $f_c' = 35$ MPa
2. Modulus elastisitas beton $E = 27805.6$ MPa
3. Diameter tiang $D = 800$ mm
4. Perimeter tiang $U_p = \pi \times D = 2.5133$ m
5. Luas total $A = 1/4 \pi \times D^2 = 0.5027$ m²
6. Berat jenis tiang $b_j = 2400$ kg/m³
7. Berat tiang $W_p = A \times b_j = 1206.37$ kg/m
8. Momen inersia $I = (\pi \times D^4)/64 = 2010619$ cm⁴

➤ Daya dukung vertikal

1. Daya dukung terpusat tiang

$$R_p = q_d A$$

2. Gaya geser dinding tiang

$$R_f = U \sum l_i f_i$$

3. Daya dukung ultimate

$$R_u = R_p + R_f$$

➤ Daya dukung vertikal ijin

$$R_a = \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W_p$$

dimana,

n = faktor keamanan

R_u = Daya dukung ultimate (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

W_s = Berat efektif tanah yang dipindahkan (ton)

W_p = Berat efektif tiang (ton)

Tabel 4.24 Perhitungan daya dukung vertikal *bore pile* Ø800mm

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	f _i (t/m ²)	Σ f _i f _i (t/m)	R _f (ton)	R _p (ton)	R _u (ton)
0	Lempung pasir	0		0					
-1	Lempung pasir	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-2	Lempung pasir	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-3	Lempung	3,00		1,13	1,50	1,50	3,77	0,57	4,34
-4	Lempung	3,00		1,13	1,50	3,00	7,54	0,57	8,11
-5	Lempung	4,00		1,50	2,00	5,00	12,57	0,75	13,32
-6	Lempung	4,00		1,50	2,00	7,00	17,59	0,75	18,35
-7	Lempung	4,00		1,50	2,00	9,00	22,62	0,75	23,37
-8	Lanau pasir	5,00		300,00	2,50	11,50	28,90	150,80	179,70
-9	Lanau pasir	5,00		300,00	2,50	14,00	35,19	150,80	185,98
-10	Lanau pasir	5,00		300,00	2,50	16,50	41,47	150,80	192,27
-11	Lanau pasir	5,00		300,00	2,50	19,00	47,75	150,80	198,55
-12	Lempung berpasir	5,00		1,88	2,50	21,50	54,04	0,94	54,98
-13	Lempung	6,00		2,25	3,00	24,50	61,58	1,13	62,71
-14	Lempung	7,00		2,63	3,50	28,00	70,37	1,32	71,69
-15	Lempung	7,00		2,63	3,50	31,50	79,17	1,32	80,49
-16	Lempung	8,00		3,00	4,00	35,50	89,22	1,51	90,73
-17	Lempung	8,00		3,00	4,00	39,50	99,27	1,51	100,78
-18	Lempung	9,00		3,38	4,50	44,00	110,58	1,70	112,28
-19	Lempung	10,00		3,75	5,00	49,00	123,15	1,88	125,04
-20	Lempung	10,00		3,75	5,00	54,00	135,72	1,88	137,60
-21	Lempung	10,00		3,75	5,00	59,00	148,28	1,88	150,17
-22	Lempung	11,00		4,13	5,50	64,50	162,11	2,07	164,18
-23	Lempung	12,00		4,50	6,00	70,50	177,19	2,26	179,45
-24	Lempung	12,00		4,50	6,00	76,50	192,27	2,26	194,53
-25	Lempung	13,00		4,88	6,50	83,00	208,60	2,45	211,05
-26	Lempung	13,00		4,88	6,50	89,50	224,94	2,45	227,39
-27	Lempung	13,00		4,88	6,50	96,00	241,27	2,45	243,72
-28	Lempung	13,00		4,88	6,50	102,50	257,61	2,45	260,06
-29	Lempung	13,00		4,88	6,50	109,00	273,95	2,45	276,40
-30	Lempung	13,00		4,88	6,50	115,50	290,28	2,45	292,73
-31	Lempung	13,00		4,88	6,50	122,00	306,62	2,45	309,07
-32	Lempung	13,00		4,88	6,50	128,50	322,96	2,45	325,41
-33	Lempung	18,00		6,75	9,00	137,50	345,58	3,39	348,97
-34	Lempung	22,00		8,25	11,00	148,50	373,22	4,15	377,37
-35	Lempung	23,00		8,63	11,50	160,00	402,12	4,34	406,46
-36	Lempung	23,00		8,63	11,50	171,50	431,03	4,34	435,36
-37	Lempung	25,00		9,38	12,00	183,50	461,19	4,71	465,90
-38	Lempung	26,00		9,75	12,00	195,50	491,35	4,90	496,25
-39	Lempung	28,00		10,50	12,00	207,50	521,50	5,28	526,78
-40	Lempung	29,00		10,88	12,00	219,50	551,66	5,47	557,13
-41	Lempung	30,00		11,25	12,00	231,50	581,82	5,65	587,48
-42	Lempung	30,00		11,25	12,00	243,50	611,98	5,65	617,64
-43	Lempung	31,00		11,63	12,00	255,50	642,14	5,84	647,98
-44	Lempung	32,00		12,00	12,00	267,50	672,30	6,03	678,33
-45	Lempung	33,00		12,38	12,00	279,50	702,46	6,22	708,68
-46	Lempung	33,00		12,38	12,00	291,50	732,62	6,22	738,84
-47	Lempung	52,00		19,50	12,00	303,50	762,78	9,80	772,58
-48	Lempung	71,00		26,63	12,00	315,50	792,94	13,38	806,32
-49	Lempung	66,00		24,75	12,00	327,50	823,10	12,44	835,54
-50	Lempung	61,00		22,88	12,00	339,50	853,26	11,50	864,75
-51	Lempung	58,00		21,75	12,00	351,50	883,42	10,93	894,35
-52	Lempung	54,00		20,25	12,00	363,50	913,58	10,18	923,75
-53	Lempung	61,00		22,88	12,00	375,50	943,73	11,50	955,23
-54									
-55									

Tabel 4.25 Daya dukung vertikal ijin *bore pile* Ø800mm

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	Ra tekan (SF = 3.0) (ton)	Ra tekan (SF = 2.0) (ton)	Ra cabut (SF = 3.0) (ton)	Ra cabut (SF = 2.5) (ton)
0	Lempung pasir	0					
-1	Lempung pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-2	Lempung pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-3	Lempung	3.00		1.45	2.17	1.26	1.51
-4	Lempung	3.00		2.70	4.05	2.51	3.02
-5	Lempung	4.00		4.44	6.66	4.19	5.03
-6	Lempung	4.00		6.12	9.17	5.86	7.04
-7	Lempung	4.00		7.79	11.69	7.54	9.05
-8	Lantau pasir	5.00		59.90	89.85	9.63	11.56
-9	Lantau pasir	5.00		61.99	92.99	11.73	14.07
-10	Lantau pasir	5.00		64.09	96.13	13.82	16.59
-11	Lantau pasir	5.00		66.18	99.27	15.92	19.10
-12	Lempung berpasir	5.00		18.33	27.49	18.01	21.61
-13	Lempung	6.00		20.90	31.35	20.53	24.63
-14	Lempung	7.00		23.90	35.85	23.46	28.15
-15	Lempung	7.00		26.83	40.24	26.39	31.67
-16	Lempung	8.00		30.24	45.36	29.74	35.69
-17	Lempung	8.00		33.59	50.39	33.09	39.71
-18	Lempung	9.00		37.43	56.14	36.86	44.23
-19	Lempung	10.00		41.68	62.52	41.05	49.26
-20	Lempung	10.00		45.87	68.80	45.24	54.29
-21	Lempung	10.00		50.06	75.08	49.43	59.31
-22	Lempung	11.00		54.73	82.09	54.04	64.84
-23	Lempung	12.00		59.82	89.72	59.06	70.87
-24	Lempung	12.00		64.84	97.26	64.09	76.91
-25	Lempung	13.00		70.35	105.53	69.53	83.44
-26	Lempung	13.00		75.80	113.69	74.98	89.98
-27	Lempung	13.00		81.24	121.86	80.42	96.51
-28	Lempung	13.00		86.69	130.03	85.87	103.04
-29	Lempung	13.00		92.13	138.20	91.32	109.58
-30	Lempung	13.00		97.58	146.37	96.76	116.11
-31	Lempung	13.00		103.02	154.53	102.21	122.65
-32	Lempung	13.00		108.47	162.70	107.65	129.18
-33	Lempung	18.00		116.32	174.48	115.19	138.23
-34	Lempung	22.00		125.79	188.68	124.41	149.29
-35	Lempung	23.00		135.49	203.23	134.04	160.85
-36	Lempung	23.00		145.12	217.68	143.68	172.41
-37	Lempung	25.00		155.30	232.95	153.73	184.47
-38	Lempung	26.00		165.42	248.12	163.78	196.54
-39	Lempung	28.00		175.59	263.39	173.83	208.60
-40	Lempung	29.00		185.71	278.57	183.89	220.67
-41	Lempung	30.00		195.83	293.74	193.94	232.73
-42	Lempung	30.00		205.88	308.82	203.99	244.79
-43	Lempung	31.00		215.99	323.99	214.05	256.86
-44	Lempung	32.00		226.11	339.17	224.10	268.92
-45	Lempung	33.00		236.23	354.34	234.15	280.98
-46	Lempung	33.00		246.28	369.42	244.21	293.05
-47	Lempung	52.00		257.53	386.29	254.26	305.11
-48	Lempung	71.00		268.77	403.16	264.31	317.18
-49	Lempung	66.00		278.51	417.77	274.37	329.24
-50	Lempung	61.00		288.25	432.38	284.42	341.30
-51	Lempung	58.00		298.12	447.17	294.47	353.37
-52	Lempung	54.00		307.92	461.88	304.53	365.43
-53	Lempung	61.00		318.41	477.62	314.58	377.49
-54							
-55							

B. *Bore pile dan secant pile* Ø1200mm

➤ *Data bore pile*

1. Mutu beton $f_c' = 35$ MPa
2. Modulus elastisitas beton $E = 27806$ MPa
3. Diameter tiang $D = 1200$ mm
4. Perimeter tiang $U_p = \pi \times D = 3.7699$ m
5. Luas total $A = 1/4 \pi \times D^2 = 1.1310$ m²
6. Berat jenis tiang $b_j = 2400$ kg/m³
7. Berat tiang $W_p = A \times b_j = 2714.3$ kg/m
8. Momen inersia $I = (\pi \times D^4)/64 = 1E+07$ cm⁴

➤ *Daya dukung vertikal*

1. Daya dukung terpusat tiang

$$R_p = q_d A$$

2. Gaya geser dinding tiang

$$R_f = U \Sigma l_i f_i$$

3. Daya dukung ultimate

$$R_u = R_p + R_f$$

➤ *Daya dukung vertikal ijin*

$$R_a = \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W_p$$

dimana,

n = faktor keamanan

R_u = Daya dukung ultimate (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

W_s = Berat efektif tanah yang dipindahkan (ton)

W_p = Berat efektif tiang (ton)

Tabel 4.26 Perhitungan daya dukung vertikal *bore pile* dan *secant pile* Ø1200mm

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	f _i (t/m ²)	Σ f _i f _i (t/m)	R _f (ton)	R _p (ton)	R _u (ton)
0	Lempung, pasir	0		0					
-1	Lempung, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	Lempung, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-3	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-4	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-6	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-7	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-8	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-9	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-10	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-11	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-12	Lempung berpasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-13	Lempung	6.00		2.25	3.00	3.00	11.31	2.54	13.85
-14	Lempung	7.00		2.63	3.50	6.50	24.50	2.97	27.47
-15	Lempung	7.00		2.63	3.50	10.00	37.70	2.97	40.67
-16	Lempung	8.00		3.00	4.00	14.00	52.78	3.39	56.17
-17	Lempung	8.00		3.00	4.00	18.00	67.86	3.39	71.25
-18	Lempung	9.00		3.38	4.50	22.50	84.82	3.82	88.64
-19	Lempung	10.00		3.75	5.00	27.50	103.67	4.24	107.91
-20	Lempung	10.00		3.75	5.00	32.50	122.52	4.24	126.76
-21	Lempung	10.00		3.75	5.00	37.50	141.37	4.24	145.61
-22	Lempung	11.00		4.13	5.50	43.00	162.11	4.67	166.77
-23	Lempung	12.00		4.50	6.00	49.00	184.73	5.09	189.82
-24	Lempung	12.00		4.50	6.00	55.00	207.35	5.09	212.43
-25	Lempung	13.00		4.88	6.50	61.50	231.85	5.51	237.36
-26	Lempung	13.00		4.88	6.50	68.00	256.35	5.51	261.87
-27	Lempung	13.00		4.88	6.50	74.50	280.86	5.51	286.37
-28	Lempung	13.00		4.88	6.50	81.00	305.36	5.51	310.88
-29	Lempung	13.00		4.88	6.50	87.50	329.87	5.51	335.38
-30	Lempung	13.00		4.88	6.50	94.00	354.37	5.51	359.89
-31	Lempung	13.00		4.88	6.50	100.50	378.88	5.51	384.39
-32	Lempung	13.00		4.88	6.50	107.00	403.38	5.51	408.89
-33	Lempung	18.00		6.75	9.00	116.00	437.31	7.63	444.94
-34	Lempung	22.00		8.25	11.00	127.00	478.78	9.33	488.11
-35	Lempung	23.00		8.63	11.50	138.50	522.13	9.75	531.89
-36	Lempung	23.00		8.63	11.50	150.00	565.49	9.75	575.24
-37	Lempung	25.00		9.38	12.00	162.00	610.73	10.60	621.33
-38	Lempung	26.00		9.75	12.00	174.00	655.96	11.03	666.99
-39	Lempung	28.00		10.50	12.00	186.00	701.20	11.88	713.08
-40	Lempung	29.00		10.88	12.00	198.00	746.44	12.30	758.74
-41	Lempung	30.00		11.25	12.00	210.00	791.68	12.72	804.40
-42	Lempung	30.00		11.25	12.00	222.00	836.92	12.72	849.64
-43	Lempung	31.00		11.63	12.00	234.00	882.16	13.15	895.31
-44	Lempung	32.00		12.00	12.00	246.00	927.40	13.57	940.97
-45	Lempung	33.00		12.38	12.00	258.00	972.64	14.00	986.63
-46	Lempung	33.00		12.38	12.00	270.00	1017.88	14.00	1031.87
-47	Lempung	52.00		19.50	12.00	282.00	1063.11	22.05	1085.17
-48	Lempung	71.00		26.63	12.00	294.00	1108.35	30.11	1138.47
-49	Lempung	66.00		24.75	12.00	306.00	1153.59	27.99	1181.58
-50	Lempung	61.00		22.88	12.00	318.00	1198.83	25.87	1224.70
-51	Lempung	58.00		21.75	12.00	330.00	1244.07	24.60	1268.67
-52	Lempung	54.00		20.25	12.00	342.00	1289.31	22.90	1312.21
-53	Lempung	61.00		22.88	12.00	354.00	1334.55	25.87	1360.42
-54									
-55									

Tabel 4.27 Daya dukung vertikal ijin *bore pile* dan *secant pile*
Ø1200mm

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	Ra tekan (SF = 3.0) (ton)	Ra tekan (SF = 2.0) (ton)	Ra cabut (SF = 3.0) (ton)	Ra cabut (SF = 2.5) (ton)
0	Lempung, pasir	0		0.00	0.00	0.00	0.00
-1	Lempung, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-2	Lempung, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-3	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-4	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-5	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-6	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-7	Lempung	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-8	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-9	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-10	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-11	Lanau, pasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-12	Lempung berpasir	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
-13	Lempung	6.00		4.62	6.93	3.77	4.52
-14	Lempung	7.00		9.16	13.74	8.17	9.80
-15	Lempung	7.00		13.56	20.33	12.57	15.08
-16	Lempung	8.00		18.72	28.09	17.59	21.11
-17	Lempung	8.00		23.75	35.63	22.62	27.14
-18	Lempung	9.00		29.55	44.32	28.27	33.93
-19	Lempung	10.00		35.97	53.96	34.56	41.47
-20	Lempung	10.00		42.25	63.38	40.84	49.01
-21	Lempung	10.00		48.54	72.81	47.12	56.55
-22	Lempung	11.00		55.59	83.39	54.04	64.84
-23	Lempung	12.00		63.27	94.91	61.58	73.89
-24	Lempung	12.00		70.81	106.22	69.12	82.94
-25	Lempung	13.00		79.12	118.68	77.28	92.74
-26	Lempung	13.00		87.29	130.93	85.45	102.54
-27	Lempung	13.00		95.46	143.19	93.62	112.34
-28	Lempung	13.00		103.63	155.44	101.79	122.15
-29	Lempung	13.00		111.79	167.69	109.96	131.95
-30	Lempung	13.00		119.96	179.94	118.12	141.75
-31	Lempung	13.00		128.13	192.19	126.29	151.55
-32	Lempung	13.00		136.30	204.45	134.46	161.35
-33	Lempung	18.00		148.31	222.47	145.77	174.92
-34	Lempung	22.00		162.70	244.05	159.59	191.51
-35	Lempung	23.00		177.30	265.94	174.04	208.85
-36	Lempung	23.00		191.75	287.62	188.50	226.19
-37	Lempung	25.00		207.11	310.66	203.58	244.29
-38	Lempung	26.00		222.33	333.50	218.65	262.39
-39	Lempung	28.00		237.69	356.54	233.73	280.48
-40	Lempung	29.00		252.91	379.37	248.81	298.58
-41	Lempung	30.00		268.13	402.20	263.89	316.67
-42	Lempung	30.00		283.21	424.82	278.97	334.77
-43	Lempung	31.00		298.44	447.65	294.05	352.86
-44	Lempung	32.00		313.66	470.48	309.13	370.96
-45	Lempung	33.00		328.88	493.32	324.21	389.05
-46	Lempung	33.00		343.96	515.94	339.29	407.15
-47	Lempung	52.00		361.72	542.58	354.37	425.25
-48	Lempung	71.00		379.49	569.23	369.45	443.34
-49	Lempung	66.00		393.86	590.79	384.53	461.44
-50	Lempung	61.00		408.23	612.35	399.61	479.53
-51	Lempung	58.00		422.89	634.33	414.69	497.63
-52	Lempung	54.00		437.40	656.11	429.77	515.72
-53	Lempung	61.00		453.47	680.21	444.85	533.82
-54							
-55							

4.4.4 Hasil Analisa Struktur Pondasi

Hasil dari analisa ini berupa penulangan pada *bore pile*, *secant pile* dan pilecap. Perhitungan penulangan disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan pada setiap kedalaman.

➤ *Bore pile* Ø800mm

Tabel 4.28 Perhitungan tulangan *bore pile* Ø800
(Elv -1.00 s/d -5.00)

BP 800 (-1 m s/d -5 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$	
Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain < D13)	
$f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform \geq D13)	
cover = 100 mm	
Ø (mm)	800
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut Sap	5720
Penulangan	12 D25
As Pasang (mm^2)	5890
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut Sap	1,228
Penulangan	2xD13 -200
As Pasang (mm^2)	1,33
Cek	OK

Tabel 4.29 Perhitungan tulangan *bore pile* Ø800
(Elv -5.00 s/d -40.00)

BP 800 (-5 M s/d -40 M)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain < D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform \geq D13) cover = 100 mm	
Ø (mm)	800
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	5027
Sap	
Penulangan	12 D25
As Pasang (mm^2)	5890
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	0,000
Sap	
Penulangan	2xD13 -300
As Pasang (mm^2)	0,88
Cek	OK

➤ *Bore pile* Ø1200mm**Tabel 4.30** Perhitungan tulangan *bore pile* Ø1200
(elv -11.00 s/d -15.00)

BP 1200 (-11 m s/d -15 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain < D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform \geq D13) cover = 100 mm	
Ø (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	25110
Sap	
Penulangan	52 D25
As Pasang (mm^2)	25525
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	1,842
Sap	
Penulangan	2xD13 -125
As Pasang (mm^2)	2,12
Cek	OK

Tabel 4.31 Perhitungan tulangan *bore pile* Ø1200
(Elv -15.00 s/d -45.00)

BP 1200 (-15 m s/d -45 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain < D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform \geq D13) cover = 40 mm	
Ø (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	11310
Sap	
Penulangan	26 D25
As Pasang (mm^2)	12763
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	0,000
Sap	
Penulangan	2xD13 -300
As Pasang (mm^2)	0,88
Cek	OK

➤ *Secant pile* BP primer Ø1200mm

Tabel 4.32 Perhitungan tulangan *secant pile* BP primer Ø1200
(Elv ±0.00 s/d -8.00)

SECANTPILE BP PRIMER (0 m s/d -8 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain < D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform \geq D13) cover = 100 mm	
b (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	11310
Sap	
Penulangan	26 D25
As Pasang (mm^2)	12763
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	1,842
Sap	
Penulangan	2xD19 -300
As Pasang (mm^2)	1,89
Cek	OK

Tabel 4.33 Perhitungan tulangan *secant pile* BP primer Ø1200
(Elv -8.00 s/d -12.00)

SECANTPILE BP PRIMER 1200 (-8 m s/d -12 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain<D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform ³ D13) cover = 40 mm	
Ø (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	19636
Sap	
Penulangan	26 D32
As Pasang (mm^2)	20910
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	3,958
Sap	
Penulangan	2xD19 -125
As Pasang (mm^2)	4,54
Cek	OK

Tabel 4.34 Perhitungan tulangan *secant pile* BP primer Ø1200
(Elv -12.00 s/d -16.00)

SECANTPILE BP PRIMER 1200 (-12m s/d -16 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain<D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform ³ D13) cover = 100 mm	
Ø (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm ²) OutPut	11310
Sap	
Penulangan	26 D25
As Pasang (mm ²)	12763
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm ²) OutPut	1,842
Sap	
Penulangan	2xD19 -300
As Pasang (mm ²)	1,89
Cek	OK

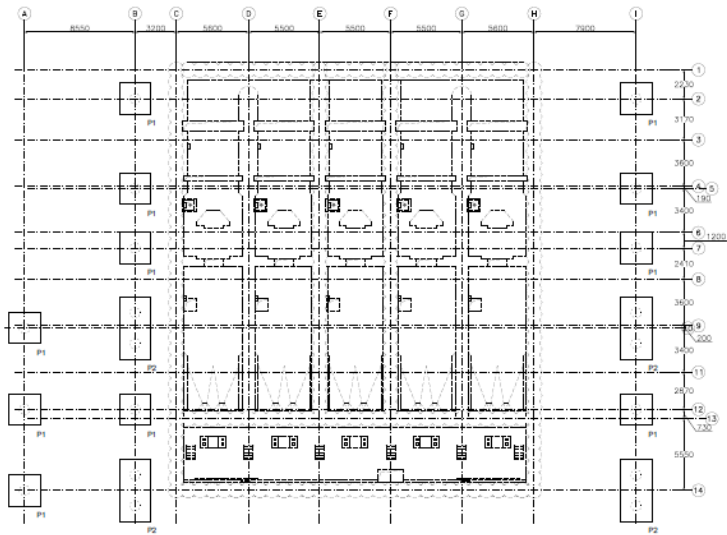
Tabel 4.35 Perhitungan tulangan *secant pile* BP primer Ø1200
(Elv -16.00 s/d -20.00)

SECANTPILE BP PRIMER 1200 (-16m s/d -20 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain<D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform ³ D13) cover = 40 mm	
b (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	19636
Sap	
Penulangan	26 D32
As Pasang (mm^2)	20910
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm^2) OutPut	5,333
Sap	
Penulangan	2xD19 -100
As Pasang (mm^2)	5,67
Cek	OK

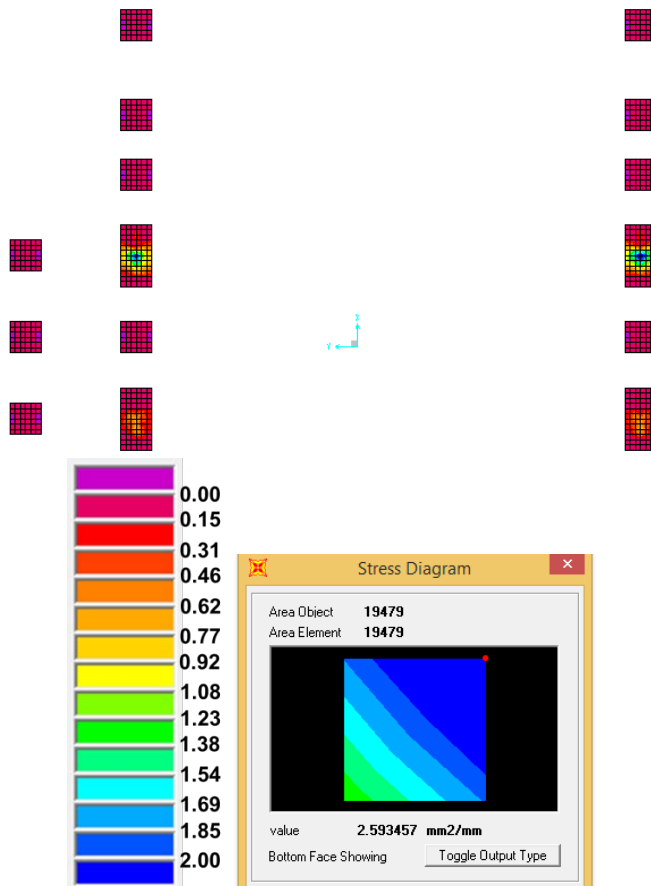
Tabel 4.36 Perhitungan Tulangan *Secant pile* BP Primer Ø1200
(Elv -20.00 s/d -20.00)

SECANTPILE BP PRIMER 1200 (-20m s/d -45 m)	
Beton : $f_c' = 35 \text{ MPa}$ Tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ (Plain<D13) $f_y = 400 \text{ MPa}$ (Deform ³ D13) cover = 100 mm	
Ø (mm)	1200
<u>Tul. Utama</u>	
As Perlu (mm ²) OutPut	11310
Sap	
Penulangan	26 D25
As Pasang (mm ²)	12763
Cek	OK
<u>Sengkang</u>	
As Perlu (mm ²) OutPut	1,842
Sap	
Penulangan	2xD19 -300
As Pasang (mm ²)	1,89
Cek	OK

➤ Pilecap P1 dan P2



Gambar 4.55 Denah pilecap elv. -1.25



Gambar 4.56 Hasil *output* SAP2000 pelat dinding (dalam satuan mm²/mm)

Tabel 4.37 Perhitungan tulangan pilecap P1 dan P2

Pelat Lantai Dasar	
Beton :	$f_c' = 35 \text{ Mpa}$
Tulangan :	$f_y = 240 \text{ Mpa}$ (Plain <D13)
	$f_y = 400 \text{ Mpa}$ (Deform > D13)
cover =	50 mm
t (mm)	= 1500
Keterangan	Tulangan
	Melintang
<u>Ast (mm²/mm)</u>	2.594
As Perlu (mm ² /m)	2594
Penulangan	1 x D19
Jarak (mm)	100
As Pasang (mm ²)	2835.287
Cek	OK

4.4.5 Hasil Perhitungan Reaksi Pondasi

Berikut merupakan hasil analisa daya dukung pondasi akibat beban tetap maupun sementara.

Tabel 4.38 Hasil perhitungan reaksi pondasi

Type Pile	PERSYARATAN			
	P ijin beban tetap		P ijin beban sementara	
	P tekan (t) (SF = 3)	P cabut (t) (SF = 3)	P tekan (t) (SF = 2)	P cabut (t) (SF = 2.5)
<i>Bore pile</i> Ø800	185.71	183.89	278.57	220.57
<i>Bore pile</i> Ø1200	328.88	324.21	493.32	389.58
<i>Secant pile</i> Ø1200	328.88	324.21	493.32	389.58
Type Pile	TERJADI			
	P beban tetap		P beban sementara	
	P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan (t)	P cabut (t)
<i>Bore pile</i> Ø800	124.44	-	100.31	15.88
<i>Bore pile</i> Ø1200	244.86	-	282.51	-
<i>Secant pile</i> Ø1200	295.39	-	397.51	47.77

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN METODE PELAKSANAAN

5.1 Pekerjaan Persiapan

Pelaksanaan pekerjaan persiapan merupakan salah satu metode dalam pelaksanaan konstruksi. Penerapan metode tersebut, terkait erat dengan kondisi lapangan dan jenis proyek yang dikerjakan karena setiap jenis proyek pasti memiliki keunikan dan perlakuan yang berbeda-beda.

5.1.1 Pembuatan Jalan Kerja

Jalan kerja adalah jalur lalu lintas kendaraan proyek, juga untuk mobilisasi alat-alat berat seperti *excavator*, *crawler crane*, *dump truck*, *drilling rig crane*, truk *mixer*. Konstruksi jalan kerja bersifat sementara, tapi dalam perencanaannya harus diperhitungkan beban lalu lintas yang akan melewatinya.

Dalam proyek rumah pompa PLTU ini, jalan kerja sementara dibuat menggunakan plat baja dengan ketebalan yang telah ditentukan.

5.1.2 Pembuatan Lokasi Gudang Material dan Peralatan

Gudang material adalah tempat penyimpanan material, dimana kondisi tersebut harus dijaga agar tempat kering dan tidak lembab. Kondisi gudang sangat mempengaruhi kualitas bahan dan peralatan yang digunakan. Gudang peralatan adalah tempat menyimpan alat-alat ringan seperti mesin genset, *vibrator* untuk pemadatan beton, alat-alat pengukuran serta peralatan lainnya.

Untuk mempermudah proses bongkar muat material, penempatan gudang tidak jauh dari jalan kerja dan dapat dijangkau oleh *crane*. Untuk mempermudah proses penerimaan barang, gudang material sebaiknya diletakkan

dekat dengan pintu masuk. Gudang material dan peralatan juga harus diletakan pada tempat yang mudah dimonitor, sehingga terjamin keamanannya.

5.1.3 Los Kerja Besi dan Kayu

Los kerja besi adalah tempat pemotongan dan pembengkokan besi beton. Los kerja kayu digunakan sebagai tempat pembuatan bekisting dan pekerjaan kayu lainnya. Kedua fasilitas tersebut dibangun tanpa dinding tetapi diberi penutup atap. Bentuk dan ukurannya harus dapat menjamin keselamatan dan ketentraman para pekerja.

Penempatan los kerja besi dan kayu tidak jauh dari gudang penumpukan material dan berada di dekat jalur kerja agar memudahkan proses pelaksanaan.

5.1.4 Pekerjaan Pembersihan Lahan

Pembersihan lokasi ini dilakukan untuk mempermudah mobilisasi alat berat ke lokasi proyek dan demobilisasi setelah semua pekerjaan selesai.

5.1.5 Pengukuran dengan Alat

Seluruh pekerjaan kontruksi selalu didahului pekerjaan pengukuran, Pekerjaan pengukuran bertujuan untuk menentukan batas daerah kerja, elevasi galian, titik galian dan lain sebagainya. Alat – alat ukur yang diperlukan pada saat pengukuran seperti waterpass, theodolit, dan alat bantu lainnya.

5.1.6 Pembuatan Direksi Keet

Direksi Keet adalah ruangan yang dibangun sebagai tempat pekerja bagi para staff dari kontraktor, pengawas maupun pemilik proyek dilapangan. ruangan ini dilengkapi beebberapa fasilitas seperti ruang pimpinan, ruang rapat, ruang kerja staff, musholla dan toilet. Ukuran ruangan ini bervariasi antara $60 \text{ m}^2 - 200 \text{ m}^2$, baik bertingkat maupun

tidak diselesaikan dengan bentuk dilapangan. Ada dua macam direksi Keet yaitu menggunakan kontainer atau menggunakan sistem rakitan (lebih umum digunakan).

Pada umumnya dibangun diatas lahan yang tidak terpakai. Letak bangunan tersebut dibangun sesuai dengan keinginan pemilik proyek, tetapi penempatannya tidak boleh mengganggu transportasi atau kegiatan yang akan berlangsung.

5.1.7 Pembuatan Batching Plant

Batching plant merupakan alat yang digunakan untuk memproduksi beton *ready mix* dalam produksi yang besar. *Batching plant* digunakan agar produksi beton *ready mix* tetap dalam kualitas yang baik, sesuai standar, nilai *slump test* dan *strength*-nya stabil sesuai yang diharapkan, untuk itu komposisi material harus terkendali.

Alat yang dibutuhkan pada *batching plant* antara lain: Dump truck, Wheel loader, Cement truck, Concrete mixer truck.

5.2 Mobilisasi dan Demobilisasi

Mobilisasi adalah kegiatan mendatangkan sumber daya yang digunakan seperti alat-alat berat, material dan tenaga kerja ke lokasi proyek.

Mobilisasi alat berat dapat menggunakan jalur kerja yang sudah disediakan sebelumnya. Sedangkan kebutuhan alat berat yang didatangkan adalah:, crawler crane, Mesin Bor pile, Truk Mixer

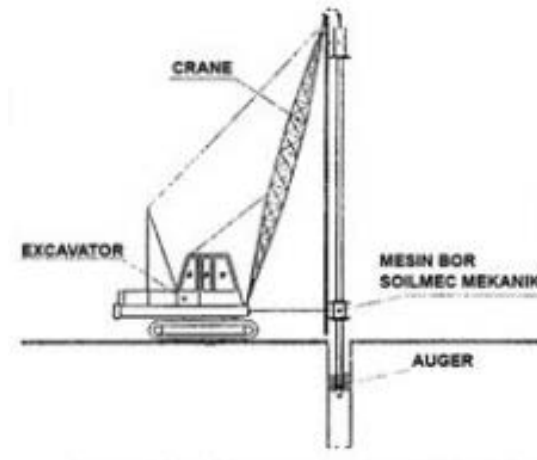
5.3 Pekerjaan Bangunan Bawah (substructure)

Pekerjaan bangunan bawah berupa struktur *box* yang terdiri dari beton bertulang dan secant pile, pelat lantai dasar, pilecap, dan borepile.

5.3.1 Bore pile

Merupakan metode atau tahapan pekerjaan pengeboran tiang pondasi. Pada pekerjaan ini dilakukan dengan metode *wash boring* dan beriringan dengan pekerjaan *secant pile*. Berikut merupakan tahapan pengeboran.

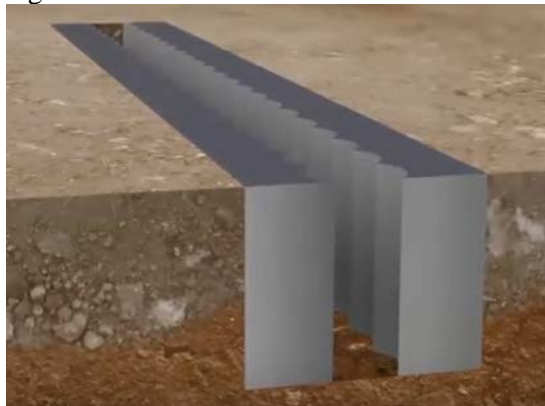
1. Penentuan lokasi atau titik yang akan dibor dengan memberikan tanda.
2. Tahap pertama, yaitu pengeboran dilakukan menggunakan *drilling rig crane*, untuk tahap pertama pengeboran dilakukan menggunakan kepala bor berupa *auger* yang bertujuan untuk menghancurkan lapisan tanah hingga kedalaman tertentu. Selama pengeboran lokasi atau titik bor di sirami slurry atau cairan yang terbuat dari bentonite, selain berfungsi mempermudah pengeboran juga berfungsi mencegah tanah didalam lubang mengalami longsor. Selain menggunakan slurry untuk mencegah tanah mengalami runtuh, dapat juga dengan memasang chasing dari baja.
3. Setelah tahap pertama mencapai kedalaman tertentu, tahap kedua pengeboran dilanjutkan dengan menggunakan kepala bor *belling bucket* yang bertujuan untuk mengambil tanah yang ada didalam lubang.
4. Jika pengeboran sudah mencapai pada kedalaman yang diharapkan. Maka dilakukan pembersihan dengan menggunakan *cleaning bucket*.
5. Selama pembersihan berlangsung, pipa tremi dan besi tulangan disiapkan didekan lokasi bor. Setelah pembersihan selesai maka besi tulangan dipasang dan dilakukan pengecoran dengan bantuan pipa tremi.



Gambar 5.1 *Drilling rig crane*

5.3.2 Secant Pile

1. Pekerjaan dimulai dengan membuat galian selebar 2,5 m dengan kedalaman 1 m untuk pembuatan *guide wall* sebagai acuan pengeboran secant pile. Kemudian dilakukan pengecoran *guide wall* seperti ditunjukkan pada gambar berikut.

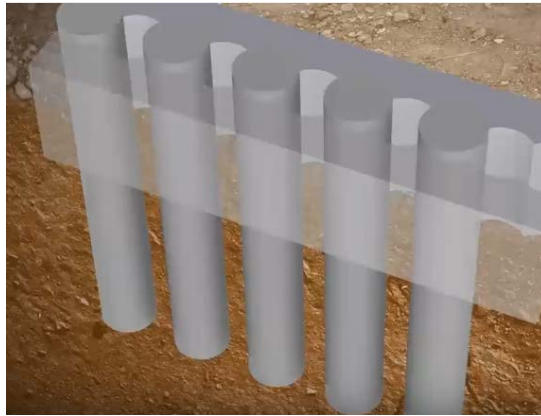


Gambar 5.2 *Ilustrasi guide wall*

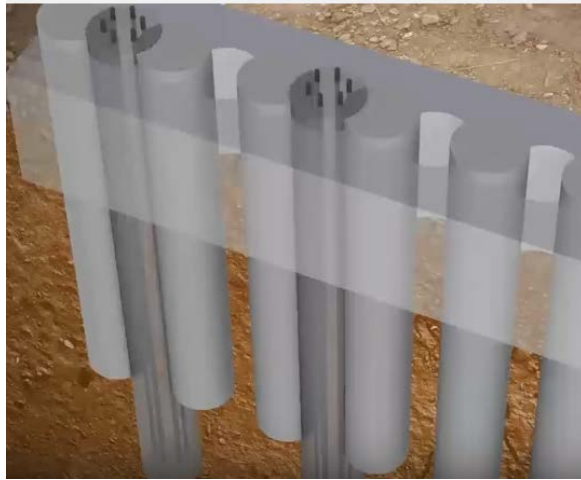
2. Pekerjaan selanjutnya adalah pengeboran untuk *secant pile* yang terdiri dari *bore pile* primer (beton polos) dengan kedalaman 18 m dan untuk *bore pile* sekunder (beton bertulang) dengan kedalaman 45 m. Tahapan pengeboran hingga pengecoran pada *secant pile* sama dengan *bore pile*. Penentuan titik atau lokasi pengeboran harus dilakukan secara berselingan dan dikerjakan *bore pile* primer terlebih dahulu seperti gambar berikut.



Gambar 5.3 Ilustrasi pekerjaan *bore pile* primer (1)



Gambar 5.4 Ilustrasi pekerjaan *bore pile* primer (2)



Gambar 5.5 Ilustrasi pekerjaan *bore pile* sekunder

3. Tahapan pekerjaan pengeboran dan pengecoran *secant pile* dapat dilakukan dengan urutan 1-5-9-3-7-11-2-6-10-4-8 mengacu pada berikut.

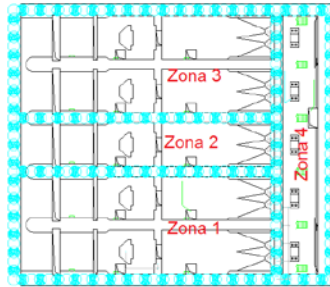


Gambar 5.6 Ilustrasi pekerjaan *secant pile*

4. Selanjutnya dilakukan pekerjaan *capping beam* yang dilakukan apabila *secant pile* telah berumur 7 hari atau lebih beriringan dengan pekerjaan *secant pile* di titik lain.

5.3.3 Pekerjaan Galian Tanah

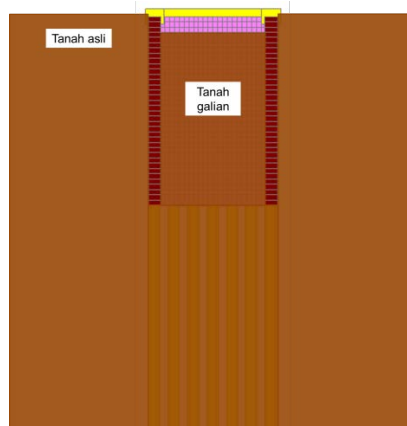
Lokasi pekerjaan galian tanah dibagi menjadi 4 zona, hal ini dilakukan untuk memudahkan proses galian tanah. pembagian zona dapat dilihat pada gambar berikut.



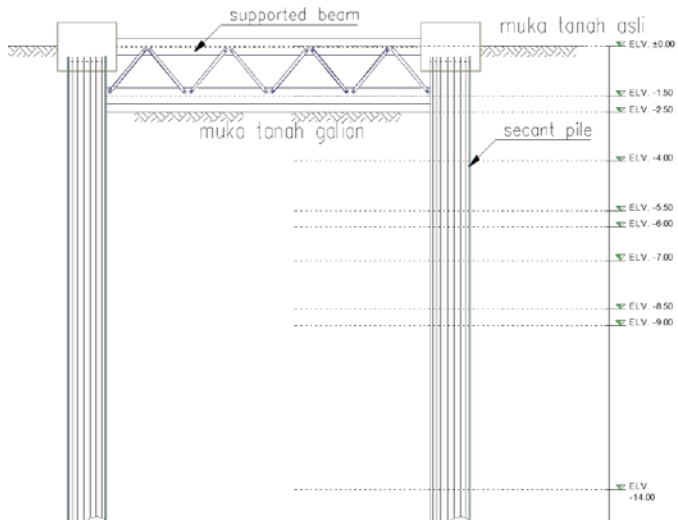
Gambar 5.7 Pembagian zona galian tanah

Pekerjaan galian dilakukan pertama pada zona 1 dan 3 hingga mencapai kedalaman yang ditentukan. Berikut langkah-langka galian pada zona 1 dan 3.

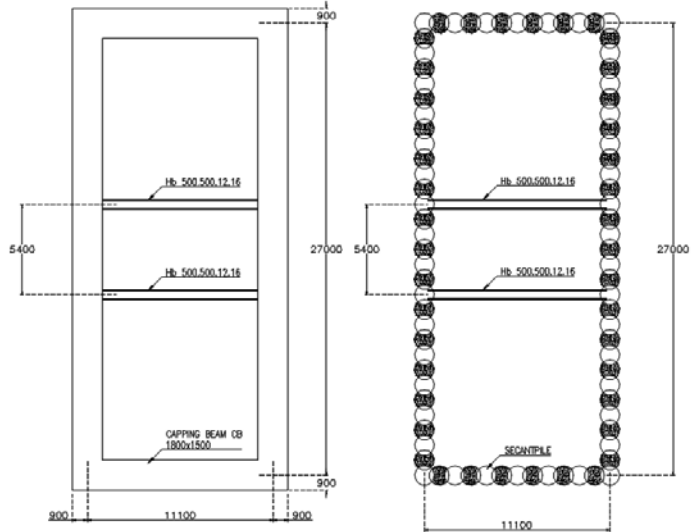
1. Tahap pertama, tanah digali mulai dari elevasi ± 0.00 hingga -2.00 dari permukaan tanah. Kemudian dipasang 2 *supported beam* rangka batang dengan jarak 5.4 m dengan profil Hb 500.500.12.16 dan 2UNP 100.50.5.7,5.



Gambar 5.8 Ilustrasi galian tanah elv. ± 0.00 hingga -2.00

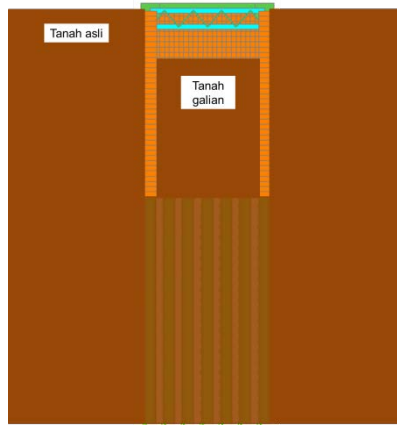


Gambar 5.9 Pemasangan *supported beam* elv. ±0.00 hingga -1.50

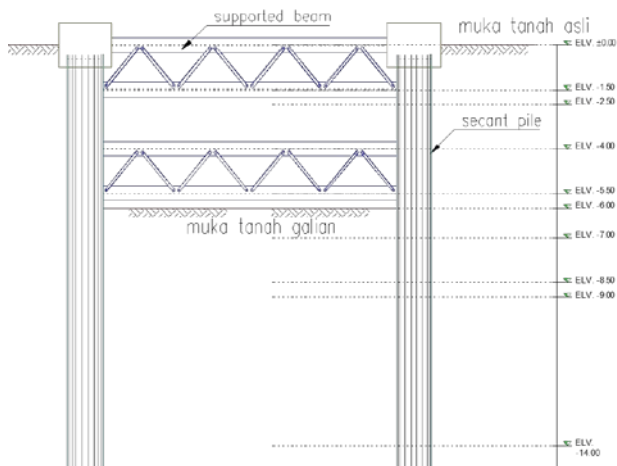


Gambar 5.10 Denah *supported beam* elv. ±0.00 hingga -1.50

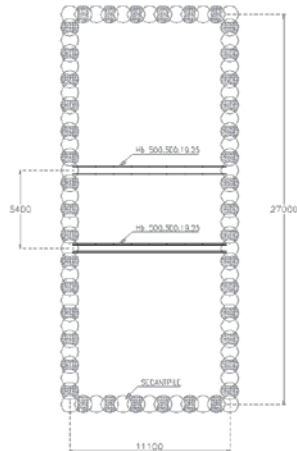
2. Tahap kedua, tanah digali mulai dari elevasi - 2.00 hingga -6.00 dari permukaan tanah. kemudian dipasang 2 *supported beam* dengan jarak 5.4 m pada elevasi -4.00 hingga -5.50 dengan profil Hb 500.500.19.25 dan 2UNP100.50.5.7,5.



Gambar 5.11 Ilustrasi galian tanah elv -2.00 hingga -6.00

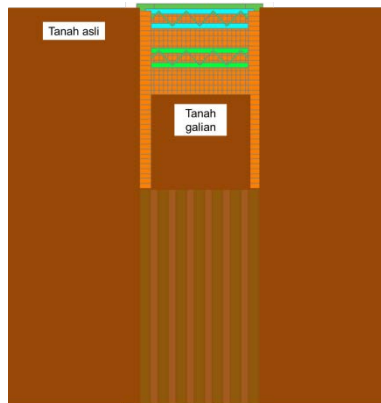


Gambar 5.12 Pemasangan *supported beam* elv. -4.00 hingga -5.50

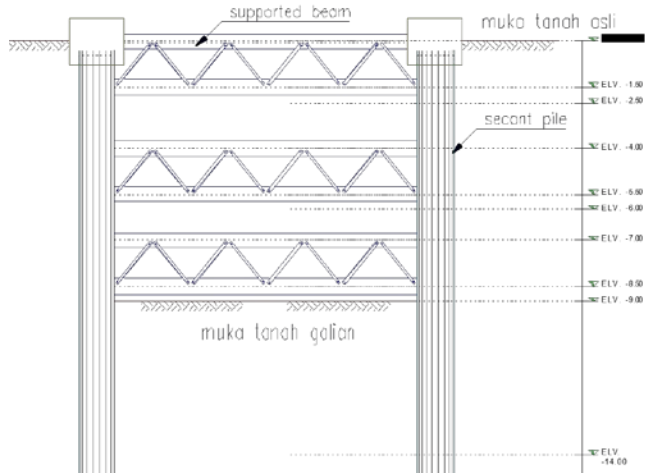


Gambar 5.13 Denah *supported beam* elv. -4.00 hingga -5.50

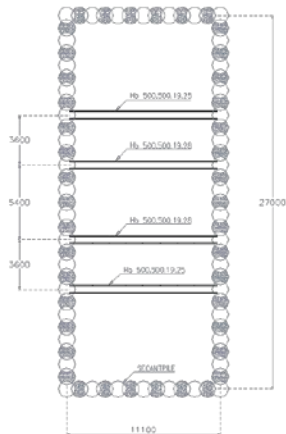
3. Tahap ketiga, tanah digali mulai dari elevasi -6.00 hingga -9.00 dari permukaan tanah. Kemudian dipasang 4 *supported beam* dengan jarak dari *supported beam* pinggir kiri ke *supported beam* tengah kiri 3.6 m dan jarak *supported beam* tengah kiri ke *supported beam* tengah kanan 5.4 m dengan profil Hb 500.500.19.28 untuk yang tengah, Hb 500.500.19.25 untuk yang pinggir, dan 2UNP 100.50.1.7,5.



Gambar 5.14 Ilustrasi galian tanah elv -6.00 hingga -9.00

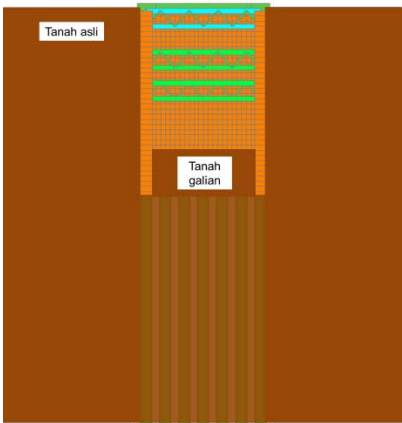


Gambar 5.15 Pemasangan *supported beam* elv. -7.00 hingga -8.50

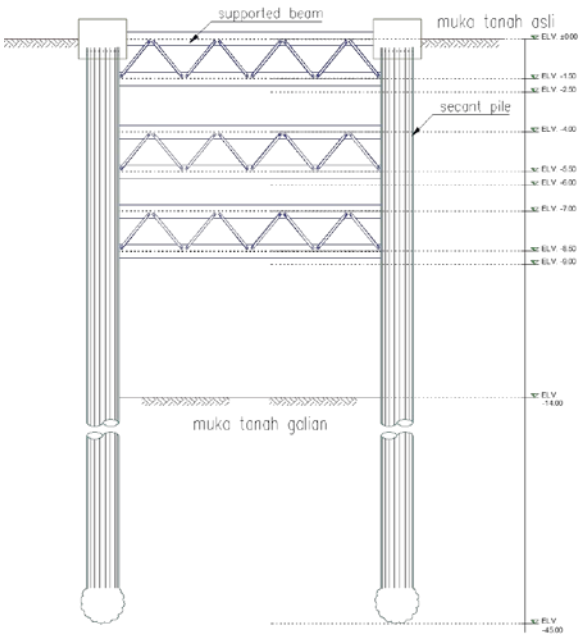


Gambar 5.16 Pemasangan *supported beam* elv. -7.00 hingga -8.50

4. Tahap keempat, tanah digali mulai dari elevasi -9.00 hingga -14.00.



Gambar 5.17 Ilustrasi galian tanah elv -9.00 hingga -14.00



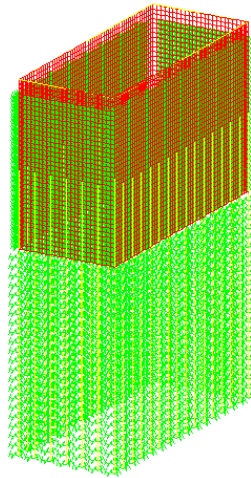
Gambar 5.18 Penggunaan *supported beam* pada galian elv. - 14.00

Setelah galian pada zona 1 dan 3 selesai, dapat dilakukan pekerjaan pelat lantai dasar pada elevasi -11.35 diikuti pengecoran dinding hingga elevasi yang ditentukan dan dilanjutkan pengecoran balok dan pelat lantai elevasi +0.75. Selama pengecoran pada zona 1 dan 3, dapat diikuti pekerjaan galian pada zona 2 dan 4 dan dilanjutkan pengecoran pelat lantai dasar, dinding, balok dan pelat lantai.. Pada zona 2 dan 4 pekerjaan galian lebih mudah dibandingkan zona 1 dan 3, karena tidak ada tekanan tanah di sisi dinding zona 2 dan 4 yang bersebelahan dengan zona 1 dan 3.

5.4 Analisa Metode Pelaksanaan Galian Tanah

Berikut merupakan analisa galian tanah berdasarkan metode yang telah ditentukan. Analisa hanya dilakukan pada galian tanah zona 1 dan 3. Analisa struktur *secant pile* dimodelkan dan dianalisa menggunakan program komputer SAP2000.

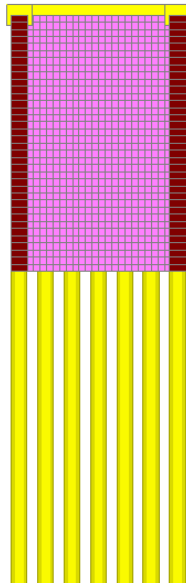
5.4.1 Permodelan secant pile



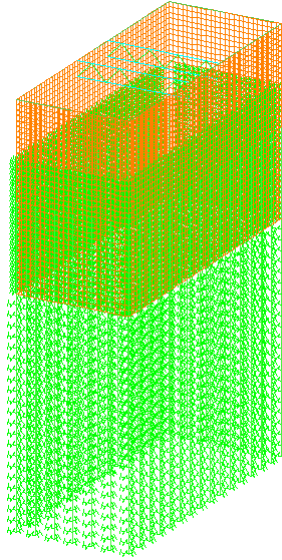
Gambar 5.19 Permodelan *secant pile* pada galian elv. -2.00



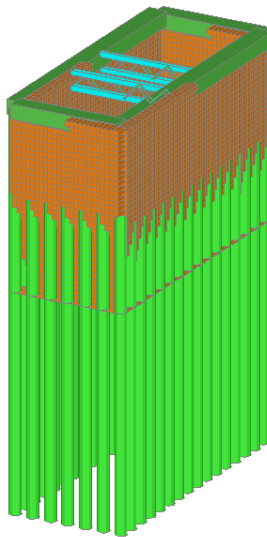
Gambar 5.20 3D permodelan *secant pile* pada galian elv. -2.00



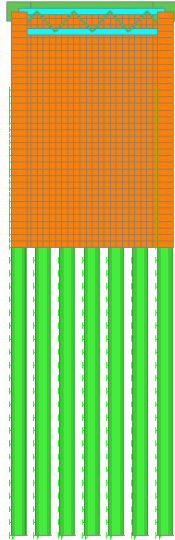
Gambar 5.21 Potongan permodelan *secant pile* pada galian elv. -2.00



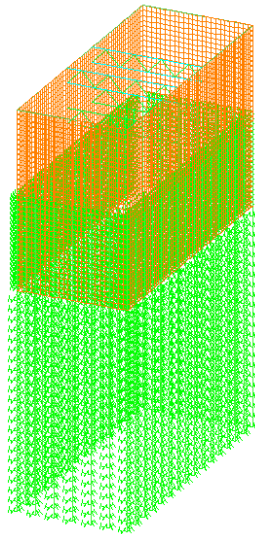
Gambar 5.22 Permodelan *secant pile* pada galian elv. -6.00



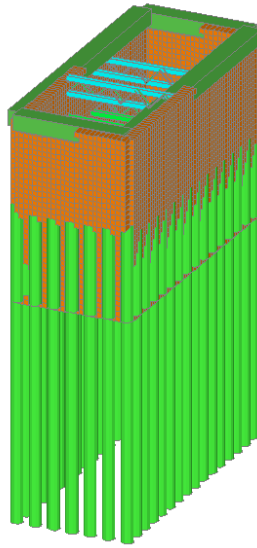
Gambar 5.23 3D permodelan *secant pile* pada galian elv. -6.00



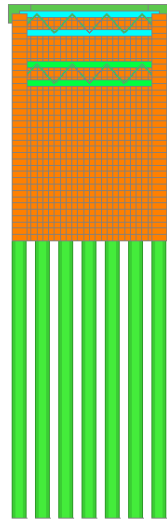
Gambar 5.24 Potongan permodelan *secant pile* pada galian elv. - 6.00



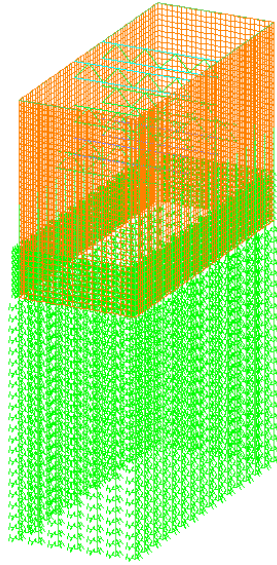
Gambar 5.25 Permodelan *secant pile* pada galian elv. -9.00



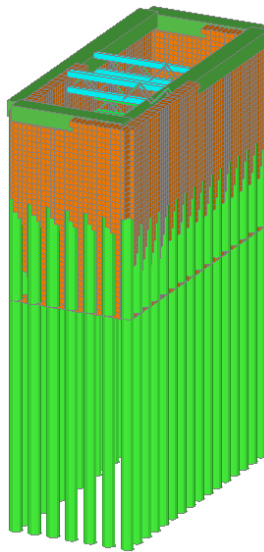
Gambar 5.26 3D permodelan *secant pile* pada galian elv. -9.00



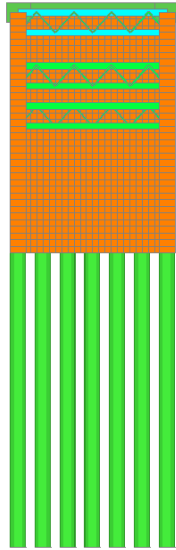
Gambar 5.27 Potongan permodelan *secant pile* pada galian elv. -9.00



Gambar 5.28 Permodelan *secant pile* pada galian elv. -14.00



Gambar 5.29 3D permodelan *secant pile* pada galian elv. -14.00



Gambar 5.30 Potongan permodelan *secant pile* pada galian elv. - 14.00

5.4.2 Pembebanan secant pile

- Tekanan tanah aktif

➤ *Layer pertama*

$$h1 = 12 \text{ m}$$

$$q = 1 \text{ t/m}^2$$

$$ka = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{2.1}{2} \right)$$

$$= 0.929$$

$$pa = (q + \gamma t \cdot h1)ka - 2c\sqrt{ka}$$

$$= (1\text{t/m}^2 + 1.47\text{t/m}^3 \cdot 12\text{m})0.929 - 2.0,8\text{t/m}^2 \cdot \sqrt{0.929}$$

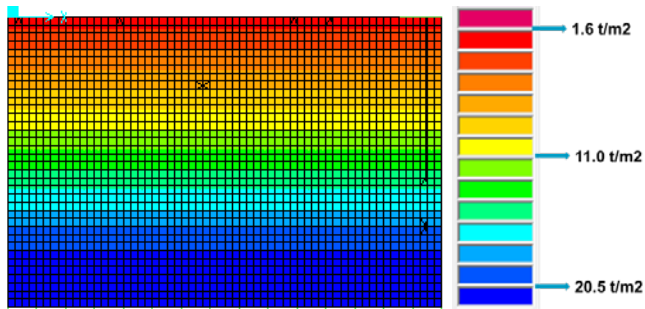
$$= 15.798 \text{ t/m}^2$$

➤ *Layer kedua*

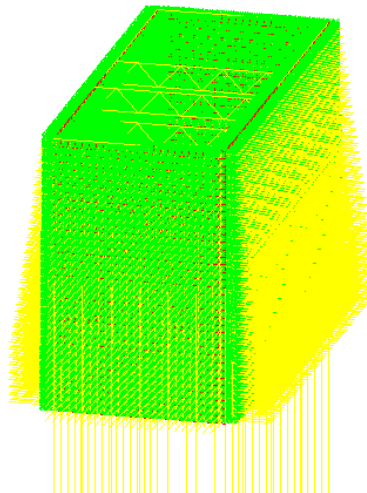
$$h1 = 12 \text{ m}$$

$$h2 = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 1 \text{ t/m}^2 \\
 k_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \\
 &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{2}{2} \right) \\
 &= 0.933 \\
 p_a &= (q + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2) k_a - 2c\sqrt{k_a} \\
 &= (1 \text{ t/m}^2 + 1.47 \text{ t/m}^3 \cdot 1.2 \text{ m} + 1.66 \text{ t/m}^3 \cdot 3.6 \text{ m}) \cdot 0.929 - \\
 &\quad 2 \cdot 1.6 \text{ t/m}^2 \cdot \sqrt{0.933} \\
 &= 23.58 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 5.31 Kontur *input* beban tekanan tanah aktif



Gambar 5.32 *Input* beban tekanan tanah aktif

➤ Tekanan tanah pasif

Tekanan tanah pasif dimodelkan pada SAP2000 menggunakan konstanta pegas atau *spring constant*. Berikut perhitungan spring yang di input pada SAP 2000.

Tabel 4.1 Konstanta spring pada *secant pile*

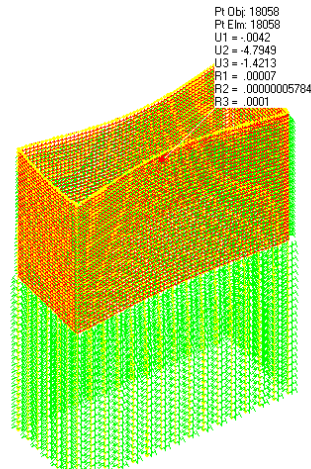
Depth (m)	N SPT	Eo = 28N kg/cm2	1.20 m	D = 1.20m y = 1.00cm	A = 0.25m2
			ko = 0,2. Eo.D ^{-0.75}	k = ko.y ^{-0.5}	kx=ky
			kg/cm3	kg/cm3	t/m
0.00	0.00				
-1.00	2.00	56.00	0.31	0.31	77.23
-2.00	3.00	84.00	0.46	0.46	115.84
-3.00	3.00	84.00	0.46	0.46	115.84
-4.00	3.00	84.00	0.46	0.46	115.84
-5.00	4.00	112.00	0.62	0.62	154.46
-6.00	4.00	112.00	0.62	0.62	154.46
-7.00	4.00	112.00	0.62	0.62	154.46
-8.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-9.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-10.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-11.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-12.00	5.00	140.00	0.77	0.77	193.07
-13.00	6.00	168.00	0.93	0.93	231.68
-14.00	7.00	196.00	1.08	1.08	270.30
-15.00	7.00	196.00	1.08	1.08	270.30
-16.00	8.00	224.00	1.24	1.24	308.91
-17.00	8.00	224.00	1.24	1.24	308.91
-18.00	9.00	252.00	1.39	1.39	347.52

5.4.3 Hasil Analisa secant pile

Berikut merupakan hasil analisa struktur *secant pile* yang ditunjukkan berupa defleksi pada dinding *secant pile* saat proses galian pada setiap kedalaman sesuai dengan metode pelaksanaan yang telah ditentukan. Defleksi pada dinding *secant pile* sebesar 1 cm.

- Galian tanah elevasi -2.00

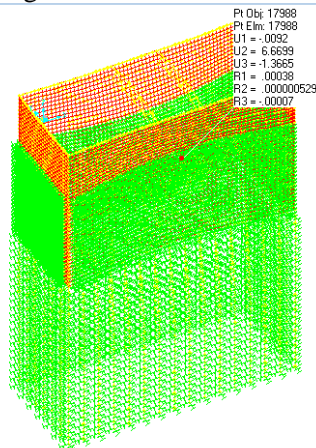
Berikut merupakan analisa *secant pile* pada galian elevasi -2.00.



Gambar 5.33 Defleksi pada galian elv. -2.00

Dari gambar diatas dapat dilihat defleksi yang terjadi sebesar 4,8 mm.

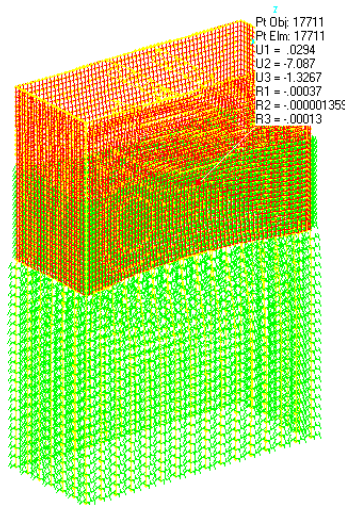
- Galian tanah elevasi -6.00
Berikut merupakan analisa *secant pile* pada galian elevasi -6.00. pada tahapan ini *supported beam* sudah terpasang pada galian elevasi -2.00.



Gambar 5.34 Defleksi pada galian elv. -6.00

Dari gambar diatas dapat dilihat defleksi yang terjadi sebesar 6.7 mm.

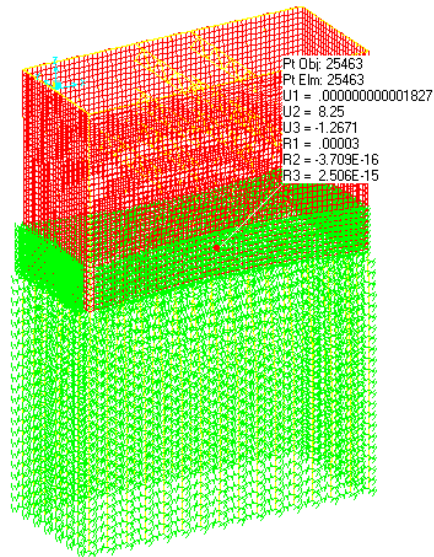
- Galian tanah elevasi -9.00
Berikut merupakan analisa *secant pile* pada galian elevasi -9.00. pada tahapan ini, ada penambahan *supported beam* sudah terpasang pada galian elevasi -6.00.



Gambar 5.35 Defleksi pada galian elv. -9.00

Dari gambar diatas dapat dilihat defleksi yang terjadi sebesar 7.09 mm.

- Galian tanah elevasi -14.00
Berikut merupakan analisa *secant pile* pada galian elevasi -14.00. pada tahapan ini, ada penambahan *supported beam* sudah terpasang pada galian elevasi -9.00.



Gambar 5.36 Defleksi pada galian elv. -14.00

Dari gambar diatas dapat dilihat defleksi yang terjadi sebesar 8.25mm.

- Resume

Dari analisa diatas didapatkan hasil berikut.

1. Galian tanah -2.00

Defleksi yang terjadi sebesar 4,8 mm atau 0.48 cm tidak melebihi defleksi ijin sebesar 1 cm

2. Galian tanah -6.00

Defleksi yang terjadi sebesar 6.7 mm atau 0.67 cm tidak melebihi defleksi ijin sebesar 1 cm

3. Galian tanah -9.00

Defleksi yang terjadi sebesar 7.09 mm atau 0.709 cm tidak melebihi defleksi ijin sebesar 1 cm

4. Galian tanah -9.00

Defleksi yang terjadi sebesar 8,25 mm atau 0.825 cm tidak melebihi defleksi ijin sebesar 1 cm

5.5 Pekerjaan Bangunan Atas (upperstructure)

Bangunan atas yang terdiri dari struktur rangka baja dengan pabrikan dilakukan di lokasi proyek beriringan dengan pengerjaan bangunan bawah (*substructure*). Tahapan pelaksanaan bangunan atas dimulai dari pemasangan angkur untuk kolom baja. kemudian dilanjutkan dengan mendirikan kolom diikuti dengan pemasangan balok dan kuda-kuda. Setelah kuda-kuda terpasang dilanjutkan dengan pemasangan gording dan seng gelombang. Sambungan pada struktur rangka baja menggunakan sambungan baut.

BAB VI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada Bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Struktur atas menggunakan baja dan struktur bawah menggunakan beton bertulang.
- b. Struktur atas terdiri dari:
 - Kolom : H Beam 500.500.12.16
H Beam 400.400.12.16
 - Balok : WF 500.200.10.16
WF 400.200.8.13
 - Balok Crane : WF 700.300.13.24
 - Kuda-Kuda : WF 400.200.8.13
 - Gording : UNP 150.75.9.12,5
- c. Struktur bawah terdiri dari:
 - Balok : B1 900x1500
B2 500x800
B3 800x1200
B4 500x700
B5 400x600
 - *Capping beam* : CB 1800x1500
 - Kolom : K1 1000x1000
 - Pelat lantai dasar : S1 t = 1500mm
 - Pelat lantai : S2 t = 1400mm
S3 t = 1000mm
S4 t = 500mm
S5 t = 300mm
 - Dinding : D2 t = 1000mm
D3 t = 800mm
D4 t = 800mm
D5 t = 1400 mm
 - *Secant pile* : Ø 1200 mm (elevasi ±0.00 s/d -45.00)
 - *Bore pile* : Ø 800 mm (elevasi -1.25 s/d -40.00)
Ø1200 mm (elevasi -11.35 s/d -45.00)

- d. Metode pelaksanaan galian tanah untuk struktur bawah dilakukan secara bertahap dengan menggunakan *secant pile* dengan perkuatan *supported beam* rangka batang baja.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1982. Foundation Analysis and Design, 3rd Edition. New York: McGraw-Hill.
- SNI 1726-2012. Tata Cara Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 1727-2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- Kazuto, N. 7 & Sosrodarsono, S. 1981. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- SNI 2729-2015. Spesifikasi untuk Bangunan Baja Gedung Struktural.
- SNI 2847-2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI 7833-2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung.
- PPIUG;1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung.
- SNI 2851:2015. Desain Bangunan Penahan Sedimen.
- Das, Braja M., Surya, Indra dan Endah, Noor. 1995. Mekanika Tanah. Jakarta : Erlangga.
- Prakash, Shamsheer dan Sharma, Hari D. 1990. Pile Foundations Engineering Practice. Canada : Jhon Wiley and Sons, Inc.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Adam Nurul Kamal, dilahirkan di Sidoarjo pada 27 Maret 1994. Penulis merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Ma'arif, SDN 1 Kalitengah Sidoarjo, SMPN 2 Candi Sidoarjo, SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo, Diploma III jurusan teknik sipil konsentrasi bangunan gedung. Pada tahun 2016 penulis diterima menjadi mahasiswa diploma IV lanjut jenjang teknik sipil, departemen teknik infrastruktur sipil, fakultas vokasi – ITS dan terdaftar dengan NRP 3116040504. Di jurusan ini penulis mengambil konsentrasi bidang studi Bangunan Gedung.